

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského
inženýrství

Využití informací o snímačích (TEDS) dle IEEE 1451.4 pro
senzory analyzátoru elektrického výkonu

Using TEDS sensor informations according to IEEE 1451.4
for Electrical Power Analyzers

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Štrbík**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika

Téma: **Využití informací o snímačích (TEDS) dle IEEE 1451.4 pro senzory
analyzátoru elektrického výkonu
Using TEDS sensor informations according to IEEE 1451.4 for
Electrical Power Analyzers**

Zásady pro vypracování:

Pro účely standardizovaného uchování informací o senzorech a zejména zaměnitelnosti senzoru se zachováním přesnosti měřicího vstupu přístroje se využívá tzv. elektronického katalogového listu TEDS. TEDS umožňuje snadné použití senzorů způsobem plug&play. V TEDS jsou uloženy informace o výrobci, typu snímače, kalibrační konstanty a další důležité informace o snímači. Tímto způsobem dochází ke zjednodušení měřicího procesu, kdy odpadá hledání dat o snímači, případně při použití většího množství snímačů je poměrně jednoduché pomocí TEDS dat identifikovat o který snímač jde. Diplomová práce se zabývá využitím TEDS pro oblast měření elektrických výkonů. Při realizaci se předpokládá se využití Virtuální instrumentace.

1. Teoretický rozbor elektronického katalogového listu TEDS a seznámení se s IEEE 1451.4
2. Rozbor vlastností senzorů pro analyzátor elektrického výkonu
3. Zjištění vlastností typického senzoru proudu – proudových kleští a návrh kalibračních tabulek popisujících vlastnosti senzorů a návrh Virtuálních TEDS
4. Implementace pro využití virtual TEDS u analyzátoru elektrického výkonu
5. Zhodnocení dosažených výsledků

Seznam doporučené odborné literatury:

1. 1451.4-2004 IEEE Standard for A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats. IEEE Organisation, 2004. ISBN 0-7381-4008-2.
2. NI Developer Zone, Dostupné z WWW: <www.zone.ni.com>
3. NI TEDS, Dostupné z WWW: <<http://www.ni.com/teds/>>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Bilík, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

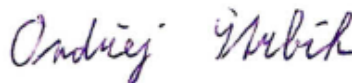
Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 4.5.2012

Podpis studenta



Bc. Ondřej Štrbík

Prohlašuji, že

jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.


beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou/diplomovou práci užít (§35 ods. 3).

souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské/diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a údaje o bakalářské/diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 4.5.2012

Podpis studenta



Bc. Ondřej Štrbík

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Petru Bilíkovi, Ph.D. za poskytnutí teoretických podkladů a praktických rad. Dále pak chci poděkovat mé rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

Abstrakt:

Tato práce se zabývá návrhem a realizací využití informací o snímačích pomocí elektronického katalogového listu (TEDS), určený pro senzory analyzátoru elektrického výkonu. Práce se opírá o normu IEEE 1451.4. Hlavním úkolem je zjednodušit měřicí řetězec pomocí TEDS, kde jsou obsaženy veškeré informace o daném typu čidla. Toto zjednodušení spočívá v přímé implementaci TEDS v měřicím softwaru. Odpadá tak možná chyba při hledání dat o snímači. V tomto případě se jedná o čidlo, část měřicího řetězce a to o měřicí kleště. Navrhnutá a implementovaná kalibrační tabulka umožňuje přesný popis senzoru. Předně jde o informace výrobce, typu snímače, kalibrační konstanty. Navrhnutá kalibrační tabulka byla realizována a odzkoušena pomocí vývojového prostředí LabVIEW.

Klíčová slova:

TEDS, IEEE 1451.4, LabVIEW, Senzor proudu, Měřicí kleště, Elektronický katalogový list

Abstract:

This diploma thesis focuses on a design and realization of using information about sensors by the help of Transducer Electronic Data Sheet (TEDS), that is designed for analyzer sensors of electrical power. This diploma thesis relies on IEEE 1451.4 standard. By the main task of diploma thesis is to clarify a chain of measurement by means of TEDS, where all information about the given type of sensor are contained. TEDS is directly put in measuring software to make the chain of measurement easy. A possible mistake at finding data about the sensor is not tolerated. In this case it is about the sensor, part of measuring chain and measurement pincers. A designed and implemented calibration chart makes a specific description of sensor possible. It is about information of producer, type of sensor and calibration constant. The designed calibration chart was implemented and tested by the help of development system Lab VIEW.

Key word:

TEDS, IEEE 1451.4, Lab VIEW, Flow sensor, Measurement pincers, Transducer Electronic Data Sheet

Seznam použitých symbolů a zkratk:

<i>AC</i>	Alternate current - Střídavý proud
<i>COMI</i>	Hardware interface - Rozhraní mezi počítačem a dalším zařízením
<i>CPU</i>	Central Processing Unit
<i>CRC</i>	Cyclic redundancy Check - cyklická kontrola
<i>CMOS</i>	Complementary Metal Oxid Semiconductor
<i>DC</i>	Direct current - Stejnosměrný proud
<i>DAQ</i>	Data Acquisition –Sběr dat
<i>EEPROM</i>	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
<i>ELVIS</i>	Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite
<i>GUI</i>	Grafic User Interface – grafické rozhraní systému uživatelských dat
<i>GPB</i>	General Purpose Interface Bus – rozhraní sběrnice IEEE 488
<i>Hardware</i>	Technické vybavení zařízení, například počítače
<i>ICP</i>	Integrated Circuit Piezoelectric
<i>IEEE</i>	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Norma
<i>LSB</i>	Least Significant Bit – nejméně významný bit
<i>LSByte</i>	Least Significant Byte – nejméně významný byte
<i>MMI</i>	Mixed Mode Interface – rozhraní pro smíšený přenos dat
<i>MSB</i>	Most Significant Bit – nejvíce významný bit
<i>MSByte</i>	Most Significant Byte – nejvíce významný byte
<i>NCAP</i>	Network Capable Application Processor – zařízení mezi MMI a sítí
<i>NI</i>	National Instruments
<i>OTP</i>	One Time Programmable
<i>PC</i>	Personal komputer - osobní počítač
<i>Software</i>	Programové vybavení, vykonávající nějakou činnost
<i>TEDS</i>	Transducer Electronic Data Sheet – elektronický katalogový list
<i>TRMS</i>	True root mean square – Skutečná efektivní hodnota
<i>TDL</i>	Template Description Language – jazyk pro psaní šablon
<i>TTL</i>	Transistor – transistor logic, tranzistorově – tranzistorová logika
<i>USB</i>	Universal Serial Bus – univerzální seriová sběrnice
<i>URN</i>	Unique Registration Number

Obsah:

1	Úvod.....	1
2.	Elektronický katalogový list TEDS	2
2.1	Norma IEEE 1451.4	2
2.2	Přenos signálu	9
2.3	Vývojové prostředky	11
2.4	Virtuální TEDS	12
3.	Senzory analyzátoru elektrického výkonu	16
3.1	Proudové kleště	16
3.1.1	Chauvin Arnoux MN71	16
3.1.2	Chauvin Ampflex A100	17
3.2	Rozbor vlastností senzorů	18
3.3	Změřená data RC článku	19
3.3.1	Měřicí řetězec RC článku	19
3.3.2	Komponenty měřicího řetězce.....	19
3.3.3	Algoritmus měření RC článku.....	20
4.	Senzor proudu	22
4.1	Kalibrační konstanty proudových kleští.....	22
4.1.1	Měřicí řetězec kleští	22
4.1.2	Komponenty měřicího řetězce.....	22
4.1.3	Naměřená kalibrační data.....	24
4.2	Návrh Implementace dat měřících kleští.....	31
4.2.1	Návrh kalibračních tabulek	31
4.2.2	Návrh virtuální TEDS	32
4.2.3	Návrh kompenzačního řetězce	33
5.	Implementace TEDS.....	34
5.1	Virtuální TEDS soubor.....	34
5.1.1	Vytvoření Virtuálního TEDS souboru	34
5.1.2	Vyčtení dat z TEDS souboru.....	36
5.2	Princip testování systému.....	39
5.2.1	Algoritmus využívající VTEDS	39
6.	Zhodnocení výsledků a závěr.....	40
	Literatura:	41

1 Úvod

Nejnovější trendy v oblasti inteligentních snímačů se týkají problematiky zaměnitelnosti snímačů se zachováním přesnosti měřicího vstupu přístroje. Touto problematikou se zabývá standard IEEE 1451.4. Stěžejní myšlenkou tohoto standardu je implementace elektronického datového listu (TEDS) do jakéhokoliv snímače. V TEDS jsou uloženy informace o výrobcí, typu snímače, kalibrační konstanty a další důležité informace o snímači. Případně při použití většího množství snímačů je poměrně jednoduché pomocí TEDS dat identifikovat o který snímač jde. TEDS umožňuje snadné použití daného snímače způsobem plug and play.

Cílem diplomové práce je teoretický rozbor elektronického katalogového listu TEDS a současně seznámení se s normou IEEE 1451.4. Dále je nutné provést rozbor vlastností snímačů pro analyzátor elektronického výkonu. Zjistit vlastnosti typického snímače proudu, přesněji dvou měřících kleští, z nichž jedny jsou Chauvin Ampflex A100, založeny na principu Rogowského prstence a druhé kleště Chauvin Arnoux MN71, a navrhnout kalibrační tabulky pro jednotlivé měřící kleště. Do TEDS budou uloženy parametry získané měřením na reálném zařízení. Při realizaci se využívá Virtuální instrumentace.

Podstatou práce je znalost normy IEEE 1451.4. Tímto rozbohem se zabývá druhá kapitola. V této kapitole jsou podrobně rozebrány jednotlivé části standardu. Mezi ně patří šablony pro jednotlivé snímače, vlastní struktura TEDS, rozhraní. Je zde také popsáno vývojové prostředí. Problematika vlastností senzorů pro analyzátor elektrického výkonu je podrobně rozebrána v následující kapitole. Konkrétně jsou zde provedeny rozborů jednotlivých charakteristik: amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky na RC článku v integračním zapojení. Posléze i reálné odměření zvoleného RC článku. Popis konkrétní metody měření je zde také popsán.

Návrhem této práce pojednává čtvrtá kapitola. Návrh měřicího řetězce pro získání kalibračních konstant. Popis jednotlivých komponentů řetězce a následný popis získaných dat. Druhá část čtvrté kapitoly je zaměřena na návrh kalibrační tabulky jednotlivých kleští. Na základě získaných kalibračních dat a kalibrační tabulky je navrhnout virtuální TEDS soubor pro příslušné proudové kleště. Dále je zde navrhnout kompenzační řetězec, sloužící pro opravu frekvenčních charakteristik z důvodu ovlivňování měřeného signálu měřicími kleštěmi.

Kapitola pátá je zaměřena na vytvoření a implementaci virtuálních TEDS souborů. Implementací návrhu kalibrační tabulky a získaných kalibračních dat byly vytvořeny binární soubory, kde jsou uloženy informace pro jednotlivé kleště. Posléze byl vyvinut program pro vyčtení a vizualizaci těchto dat.

2. Elektronický katalogový list TEDS

2.1 Norma IEEE 1451.4

Norma IEEE 1451.4 je standard pro snímače, která zahrnuje technologii plug&play. Jedním z klíčových prvků standardu IEEE 1451.4 je definice TEDS pro každý snímač. TEDS může být implementován jako paměťové zařízení připojené ke snímači, které obsahuje informace měřicího přístroje, nebo může být k dispozici jako Virtuální TEDS.

TEDS, Transducer Electronic Data Sheet, nebo-li elektronický katalogový list obsahuje důležité informace pro měřicí přístroje, nebo měřicí systémy pro identifikaci, charakterizaci, rozhraní a prvně použitý signál z analogového snímače. Jinými slovy, TEDS popisuje vše, co je nutné vědět, pro měření daného typu snímače.

TEDS může být realizován dvěma způsoby. První způsob: TEDS je umístěn ve vestavěné paměti typicky EEPROM, do samotného snímače, který je spojen s měřicím přístrojem a kontrolním systémem, podle normy IEEE 1451.4. Druhý způsob: použití jako Virtuální TEDS. Ten může existovat jako datový soubor přístupný měřicímu přístroji a kontrolnímu systému. Virtuální TEDS rozšiřuje možnost použitelnosti pro starší senzory a aplikace, kde není možnost využít vestavěné paměti.

Struktura TEDS - Samotné TEDS se skládá z více částí, po spojení těchto částí tvoří kompletní TEDS. První základní část je složena ze základních identifikačních údajů daného snímače. Typicky jeden IEEE standard, který definuje vlastnosti pro určitý typ senzoru, ten navazuje na základní TEDS. Za základními TEDS následuje standardní šablona TEDS, kde jsou obsaženy specifické vlastnosti jednotlivých typů snímačů. Jednotlivé části jsou odděleny voličem, zpravidla 2 bit. Volitelně je možné přidat kalibrační šablonu. Poslední část je určena uživatelským datům, do kterých se může uložit další upřesňující informace pro vytvořené TEDS údaje. Údaje naprogramované do EEPROM obsahují kontrolní součet, na rozdíl od virtuálního souborového TEDS, ten kontrolní součet neobsahuje. Viz. Tab. 1. [2]

a. Transducer with standard TEDS content	b. Transducer with standard TEDS and calibration table TEDS
Basic TEDS (64 bits)	Basic TEDS (64 bits)
Selector (2 bits)	Selector (2 bits)
Template ID (8 bits)	Template ID (8 bits)
Standard Template TEDS (ID=25 to 39)	Standard Template TEDS (ID=25 to 39)
Selector (2 bits)	Selector (2 bits)
	Template ID (8 bits)
User Data	Calibration TEDS Template (ID =40 to 42)
	Selector (2 bits)
	User Data

Tab. 1. Příklad TEDS struktury a) snímač se standardním TEDS b) snímač se standardním TEDS doplněný o kalibrační šablonu [2]

Základní TEDS – prvních 64 bitů tabulky snímače se týká základní části TEDS. Tato část identifikuje snímače, zahrnuje identifikační číslo výrobce (14 bitů). Číslo modelu (15 bitů) udává, o jaký typ senzoru se jedná. Verze popisu (5 bitů) a číslo verze (6 bitů) upřesňuje typ snímače. Poslední důležitou součástí je sériové číslo přístroje (24 bitů). Tato data jsou organizována podle formátu popsaného v tabulce. Číslo modelu a sériová čísla mohou být stejná u různých výrobců. Výrobce může mít stejné sériové číslo pro několik modelů.

	Bit Délka	Přípustný rozsah
Identifikace Výrobce	14	17 - 16381
Číslo Modelu	15	0 - 32767
Verze Popisu	5	A - Z (typ data CHar)
Číslo Verze	6	0 - 63
Sériové Číslo	24	0 - 16777215

Tab. 2. Organizace dat v základní TEDS [2]

Standardní šablony – Standard IEEE 1451.4 také definuje metodu kódování informací pro širokou škálu typu senzoru a aplikací. Pokrytí takové škály a využití paměti umožňuje koncepce šablon. Každá šablona definuje specifické vlastnosti daného senzoru. Standard také definuje šablony pro běžné třídy snímačů, ty mají svůj identifikátor. Například šablona 25 je určena pro akcelerometr. Šablony 40, 41 a 42 jsou kalibrační šablony a mohou být použity s jednou typovou šablonou. Šablona je dokument definující umístění a význam jednotlivých kusů dat uložených v paměti TEDS. Soubor nebo šablonu TEDS lze vytvořit dvěma způsoby a to buď v programovacím prostředí Lab VIEW nebo programovacím jazykem TDL. [1]

TYP	ID šablony	Popis
Šablony typu snímačů	25	Akcelerometr / snímač síly
	26	Výkonový zesilovač (připojený akcelerometr)
	27	Mikrofon vestavený v předzesilovači
	28	Mikrofonní předzesilovač
	29	Mikrofon (kapacitní)
	30	Snímač vysokého výstupního napětí
	31	Snímač výstupního proudu
	32	Odporový snímač
	33	Můstkový snímač
	34	AC Lineární/rotační diferenciální transformační snímač
	35	Napěťový snímač
	36	Termočlánek
	37	Odporové teplotní čidlo
	38	Termistor
	39	Potenciometrický dělič napětí
	43	Výkonový zesilovač (včetně snímače síly)
Kalibrační šablony	40	Kalibrační tabulka
	41	Kalibrační křivka
	42	Frekvenční tabulka

Tab. 3. Standardní šablony normy IEEE 1451.4. [8]

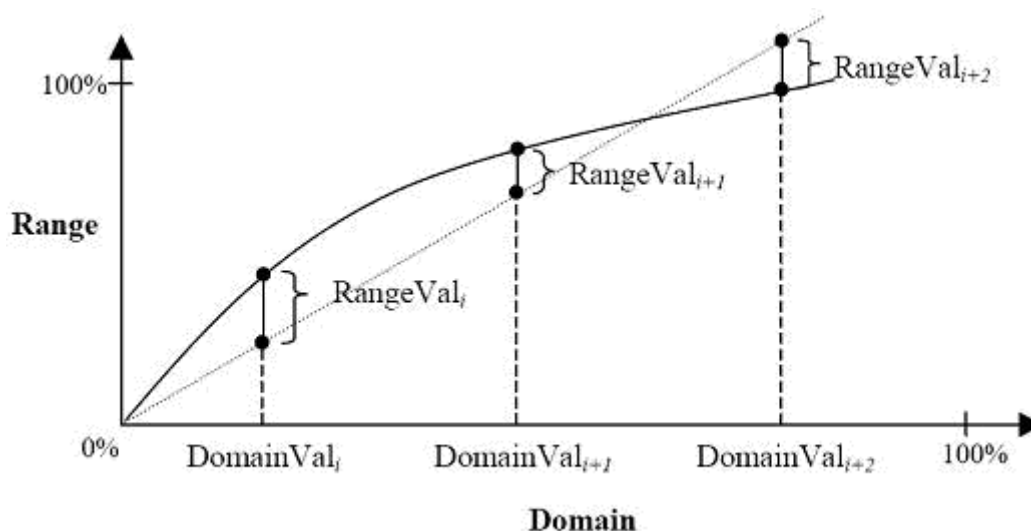
Datový typ	Popis
UNINT	Unsigned integer
Chr5	5-bit
ASCII	7-bit ASCII
Date	počet dnů od 1.1.1998
Single	Single s plovoucí desetinnou čárkou
ConRes	Konstantní rozlišení, vlastní datový typ pro hodnotu komprimované plovoucí čárky poskytující lineární mapování definovaného intervalu
ConRelRes	Konstantní relativní rozlišení, vlastní datový typ pro hodnotu komprimované plovoucí čárky poskytující logaritmické mapování definovaného intervalu
Enumeration	Reference výčtového datového typu

Tab. 4. Datové typy používané v šablonách IEEE 1451.4 [2]

Kalibrační šablona ID = 40 – Poskytuje jednoduchý způsob zaznamenávání několik datových bodů pro kalibrační účely velmi úzkého rozsahu. Příkaz CalTable_Domain se použije pro výběr parametru elektrického (0) např. napětí, nebo fyzického (1) např. stupně Celsia. CalPoint_DomainValue je parametr pro kalibrované hodnoty vyjádřený v procentech. Například pro žádanou kalibraci při 0°C je tato hodnota 50% z daného rozsahu snímače. CalPoint_DomainRange je odchylka z rozsahu měření od očekávané hodnoty. Pro tabulku je potřeba více sad hodnot. [1]

Function	Property/Command	Description	Access	Bits	data type (and range)	Units
ID	TEPLATE	Template ID	-	8	Integer (value = 40)	-
Table data	%Caltable_Domain	Domain parameter	CAL	1	Enumeration: Electrical Physical	-
	STRUCTARRAY CalTable	Number of data sets	CAL	7	Dimension size of 1 To 127	-
		Domain Calibration Point (% of full span)	CAL	16	ConRes (0 to 100, step 0.0015)	%
		Range Calibration Deviation (%of full span)	CAL	21	Conres (-100 to 100, step 0.000)	%
Total bits required for TEDS (range):				16 to 4715 bits		

Tab. 5. Šablona kalibrační tabulky, ID 40



Obr. 1. Vykreslení přenosové funkce

Kalibrační šablona ID = 41 – Je určena pro přesnou charakterizaci v celém rozsahu. Použití této šablony je omezeno při kalibraci snímače s vysoce nelineární přenosovou funkcí. Kalibrační křivka je pak popsána, jako polynom funkce. CalCurve_Power zaznamenává stupně polynomu a CalCurve_Coef zaznamenává příslušné koeficienty. Každý segment funkce je vyznačen parametrem CalCurve_PieceStart, určuje počáteční hodnotu každého segmentu. Jednotlivé segmenty se sečtou a vznikne popis přenosové funkce snímače. Pro efektivní využití této šablony musí být vybrány vhodné kalibrační body a přizpůsobena polynomiální funkce. Zaznamenávání kalibračních hodnot pomocí této šablony může trvat podstatně déle, oproti ostatním šablonám. [1]

Function	Property/Command	Description	Access	Bits	data type (and range)	Units
ID	TEPLATE	Template ID	-	8	Integer (value = 41)	-
Curve data	%Caltable_Domain	Domain parameter	CAL	1	Enumeration: Electrical Physical	-
	STRUCTARRAY CalCurve	Number of Calibration Curve Segments	CAL	8	Dimension size of 1 To 255	-
	%CalCurve_PieceStart	Start of segment (array of size CalCurve)	CAL	13	ConRes (0 to 100, step 0.0123)	%
	STRUCTARRAY CalCurve_Poly	Number of polynomials	CAL	7	Dimension size of 1 To 127	-
	%CalCurve_Power	Power of domain value (2D array with dimension size of CalCurve and CalCurve_Poly)	CAL	7	ConRes (-32 to 32, step 0.5)	-
	%CalCurve_Coef	Power of domain value (2D array with dimension size of CalCurve and CalCurve_Poly)	CAL	32	Single	-
Total bits required for TEDS (range):				17 to 1268132 bits		

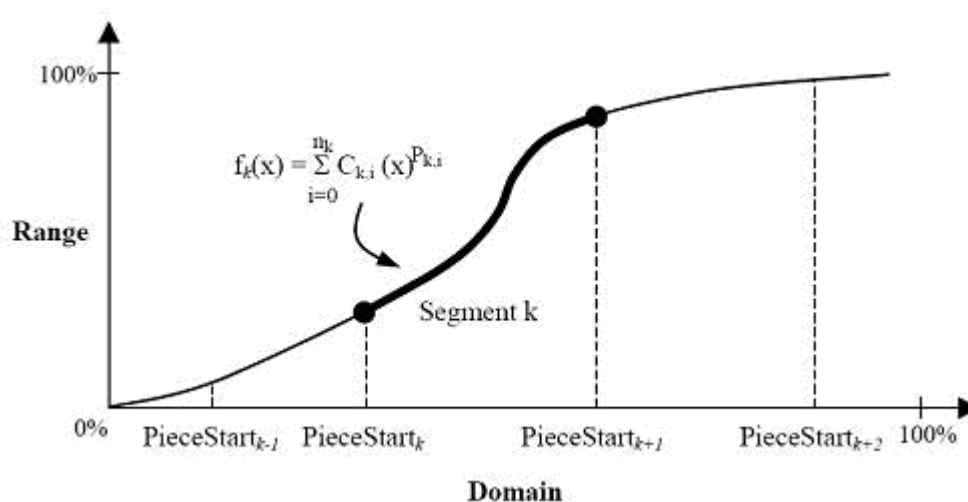
Tab. 6. Šablona kalibrační křivky, ID 41

$$f_k(x) = \sum_{i=0}^{n_k} C_{k,i}(x)^{P_{k,i}}$$

n_k = počet koeficientu pro segment, čteno v TEDS funkci CalCurve_Poly

$C_{k,i}$ = i-tý koeficient polynomu pro segment k, čteno v TEDS funkci CalCurve_Coef

$P_{k,i}$ = zvýšení hodnoty x pro koeficient $C_{k,i}$ v segmentu k



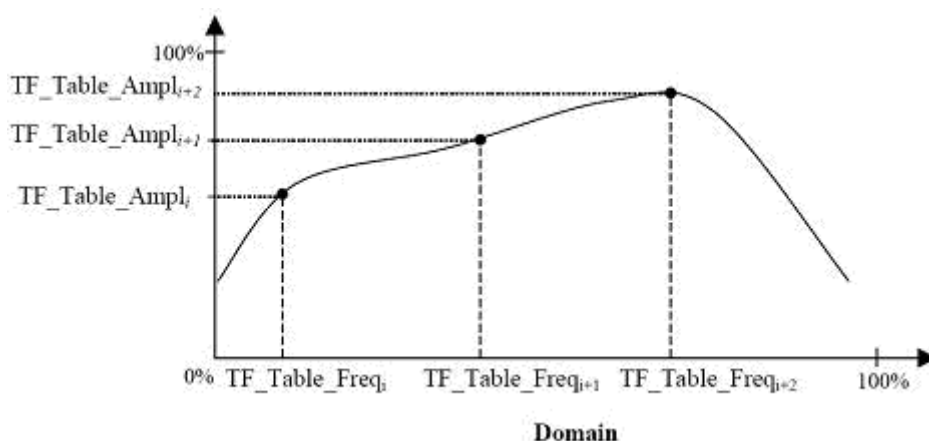
Obr. 2. Kalibrační křivka přenosové funkce

Kalibrační šablona ID = 42 – Je určena pro požadavek zaznamenání více informací v časové oblasti. Frekvenční odezva přenosové funkce je například užitečná pro mikrofony a akcelerometry. Pro záznam hodnot využívá vlastností příkazu TF_Table_Freq a TF_Table_Ampl. Viz: Tab. 7.

Může být použita jakákoli kombinace těchto šablon. Kalibrační tabulky nabízí nejjednodušší způsob záznamu. Kalibrační křivky kompletně specifikují celý snímač, ale jen v úzkém rozsahu. Frekvenční kalibrační šablona se doporučuje kombinovat s některou z prvních dvou šablon. Tím je zajištěno poskytnutí více informací o daném snímači. [1]

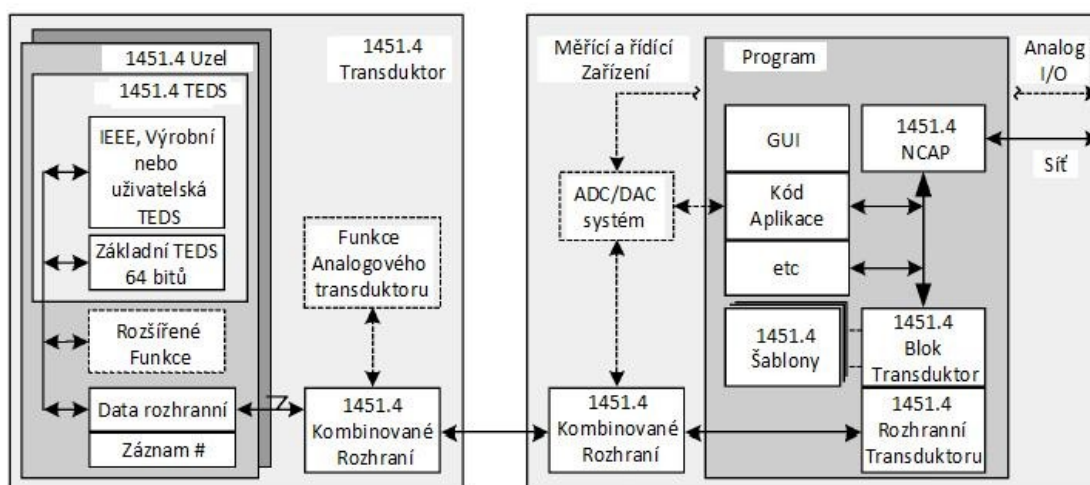
Function	Property/Command	Description	Access	Bits	data type (and range)	Units
ID	TEPLATE	Template ID	-	8	Integer (value = 42)	-
Table data	STRUCTARRAY TF_Table	Transfer function table	CAL	7	Dimension size of 1 To 127	-
	%TF_Table_Freq	frequency(array of size TF_table)	CAL	15	ConRelRes (1 to 1.3E+6, ±0.02%)	Hz
	%TF_Table_Ampl	Amplitude (array of size TF_table)	CAL	21	Conres (-100 to 100, step 0.0001)	%
Total bits required for TEDS (range):				15 to 4587 bits		

Tab. 7. Šablona frekvenční závislosti, ID 42



Obr. 3. Frekvenční odezva přenosové funkce.

Struktura systému s TEDS daty – Blokový diagram ukazuje hierarchii funkcí, nezbytných pro umístění TEDS dat do fyzické paměti a také funkcí, které umožňují přístup k těmto datům. TEDS data jsou umístěna uvnitř uzlu. Ten se nachází uvnitř snímače, vybaveném rozhraní pro smíšený přenos dat. Uzel může ještě obsahovat kromě TEDS i přídavné funkce, jako jsou počítadlo, přepínač, teploměr a podobně. Přes rozhraní smíšeného přenosu se data dostanou do měřicího a řídicího zařízení, které je vybaveno rozhraním podle normy IEEE 1451.4. To obsahuje další bloky, které pomocí knihoven a šablon dekodují informace z TEDS. Pomocí GUI mohou být tyto informace zobrazeny uživateli, popřípadě poslány dál po síti.

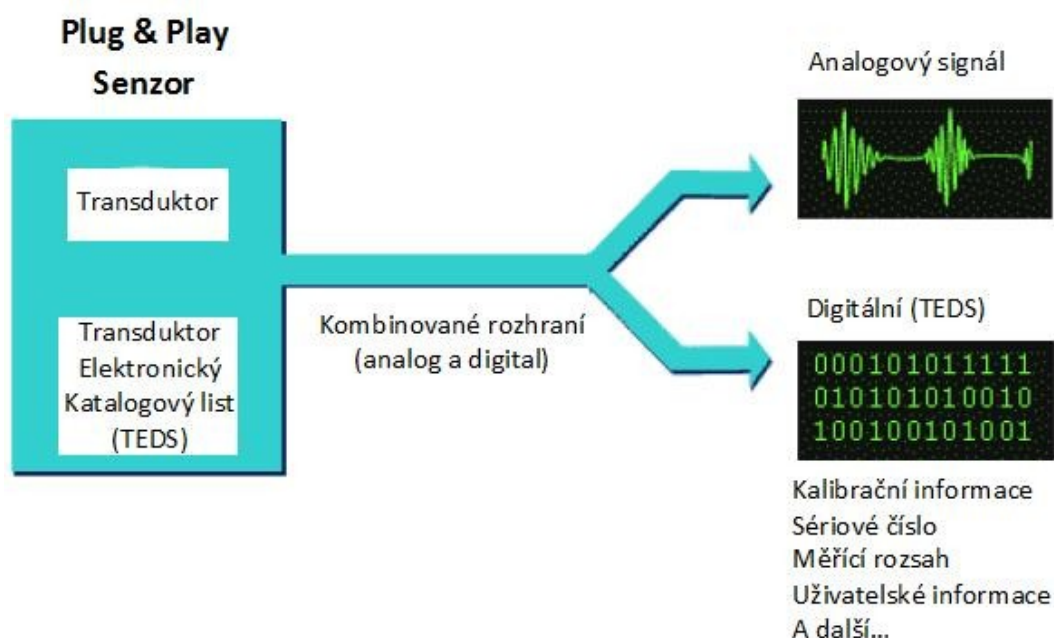


Obr. 4. Blokový diagram struktury systému s TEDS daty. [1]

2.2 Přenos signálu

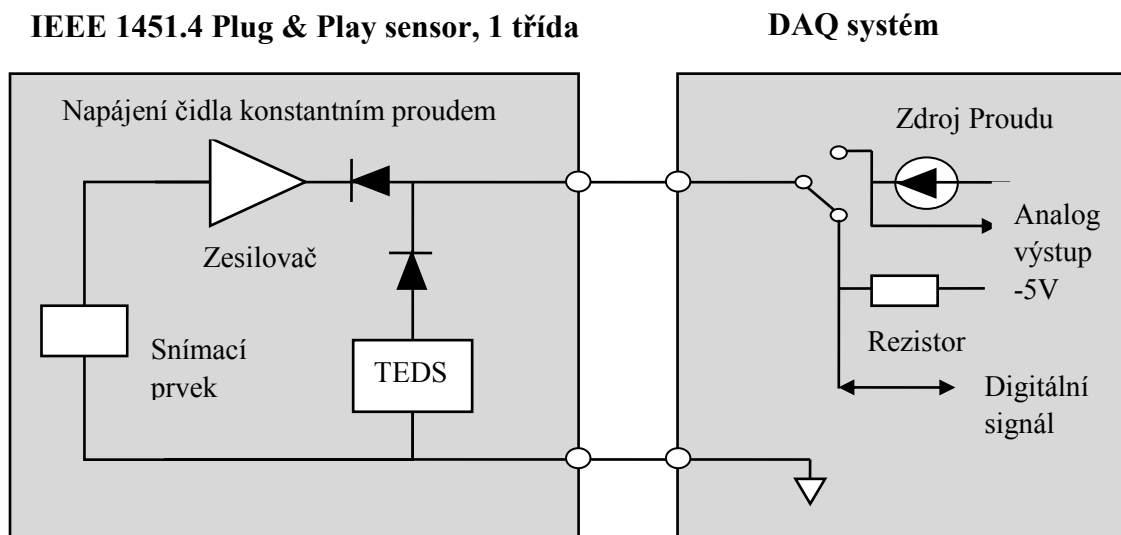
Plug&play – je technologie umožňující jednodušší rozpoznávání a konfigurace hardwaru. Operační systém správně zjistí, jaký hardware je v počítači, na základě toho automaticky k tomuto hardware nainstaluje, či spustí příslušné ovladače, rozsahy sdílené paměti a detaily o daném zařízení. Použití technologie plug&play v tomto případě automaticky rozezná, o jaký senzor jde.

Při použití tradičního systému sběru dat (DAQ) se musí ručně nastavit důležité parametry jednotlivého snímače. Například rozsah, citlivost, měřítko, aby software správně pracoval. Systém podle normy IEEE 1451.4 vybaven senzory a akčními členy může automatizovat tento krok, tím se zvýší integrita a spolehlivost systému.



Obr. 5. Začlenění Plug&Play s TEDS [4]

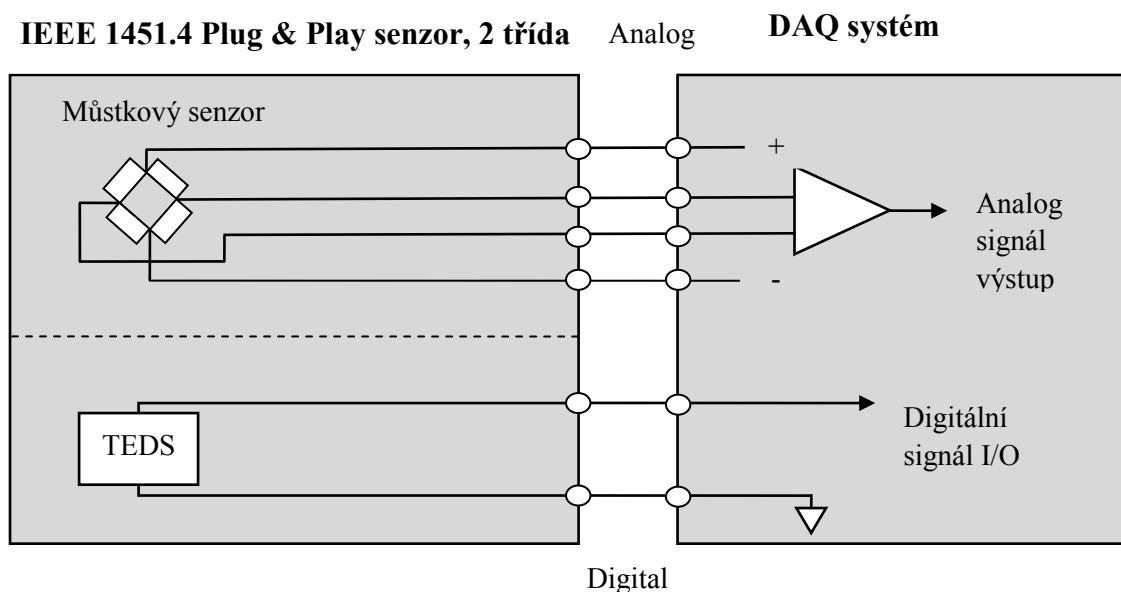
Kombinované rozhraní – Standard definuje dva typy kombinovaného režimu rozhraní. Jedná se o dvouvodičové a vícevodičové rozhraní. První typ pracuje s konstantním proudovým napájením, nebo s integrovaným piezoelektrickým obvodem (ICP), snímačem, jako je například akcelerometr. Převodník obsahuje diody, nebo analogové spínače, které multiplexuje analogový signál na digitální TEDS informace na jediném páru vodiče. Příklad tohoto spojení je zobrazen na Obr. 6. [4]



Obr. 6. Příklad dvou vodičového rozhraní. [4]

Ostatním druhům typů senzorů je určen druhý typ rozhraní. Používá oddělené spojení pro analogové a digitální části kombinovaného rozhraní. Analogové vstupy a výstupy snímače zůstávají nezměněny a TEDS je na digitální okruh přidán paralelně. Tento typ rozhraní je použitelný pro jakýkoliv typ snímače. Příklad tohoto spojení je zobrazen na Obr. 7. [4]

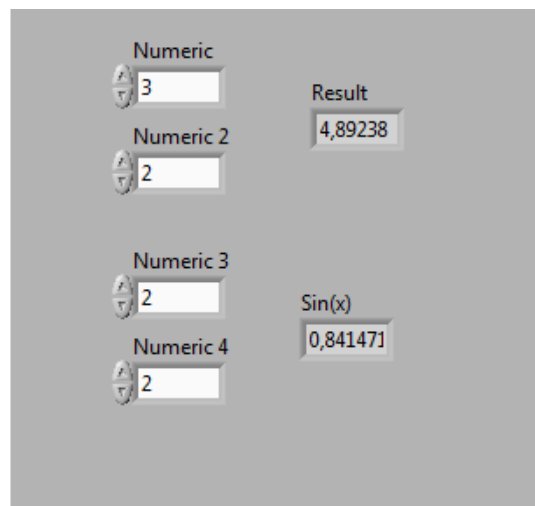
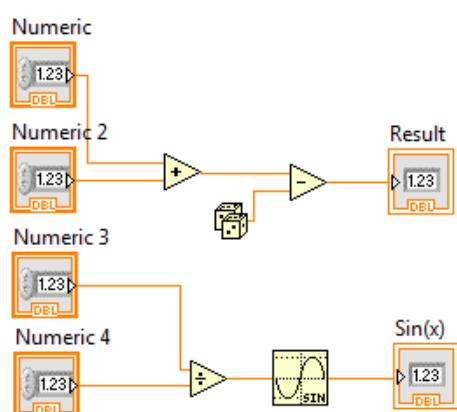
Digitální část kombinovaného režimu je založena na jedno vodičovém protokolu od firmy Dallas semiconductor. Komunikační protokol je typu master/slave, je jednoduchý, levný. Vyžaduje jeden hlavní přístroj (systém sběru dat), napájení a zahájení každé transakce podle definovaného časového sledu transakcí, na jednom vodiči.



Obr. 7. Příklad více vodičového rozhraní. [4]

2.3 Vývojové prostředky

Jako programový prostředek slouží vývojové prostředí LabVIEW. Jedná se o grafický programovací jazyk společnosti National Instruments. Obsahuje nástroje umožňující nasazení ve vývoji testovacích, měřicích a řídicích aplikací. Usnadňuje rychlé vytvoření malé aplikace i rozsáhlých distribuovaných aplikací, které komunikují systémem klient/server. Používá se na řadě platform, včetně Microsoft Windows X, různé verze systému UNIX, Linux a Mac OS X.



Obr. 8. Znáznornění Blok Diagram a GUI.

LabVIEW obsahuje dvě základní části: uživatelské rozhraní (Front Panel) a část s vlastním kódem (Blok Diagram). Uživatelské rozhraní je určeno pro definici vstupu a výstupů, vizualizace daného procesu. Ve druhé části je samotný program. Programovací jazyk je označován, jako jazyk G, datový programovací jazyk. Struktura provedení je určena grafickými blokovými schématy, které popisují různé funkce, dále pak uzly a vodiči. Po vodičích se šíří proměnné a každý uzel se provede až má veškerá vstupní data pohromadě. Jazyk G umožňuje paralelní spouštění uzlů a také multi-threading.

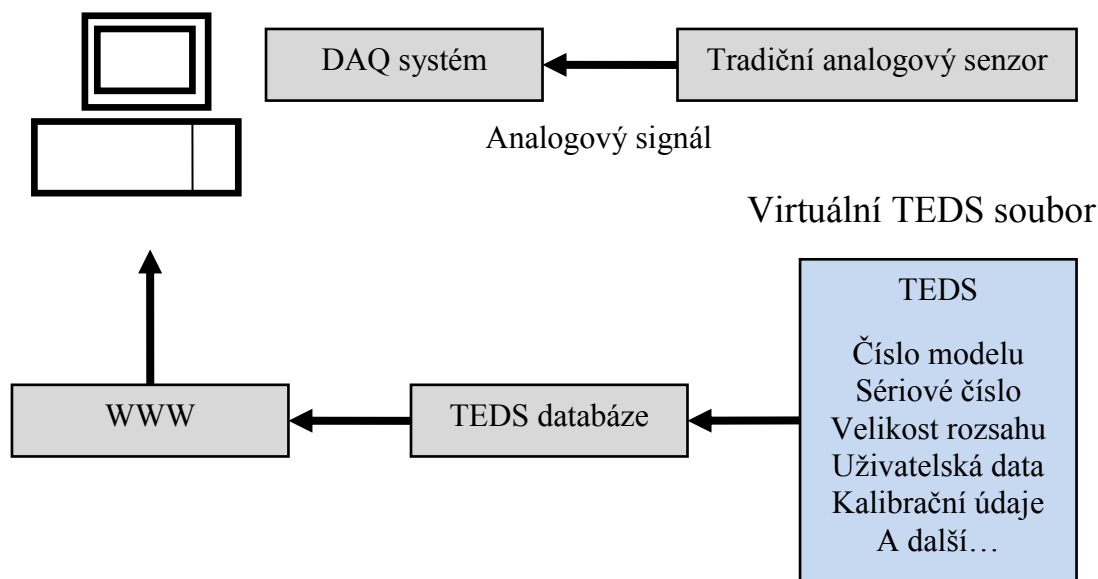
Kompilace – Kompilátor produkuje nativní kód pro CPU platformu. Grafický kód je přeložen do spustitelného strojového kódu interpretací syntaxe a kompilace. Spustitelné soubory spouští pomocí run-time engine, který obsahuje předkompilovaný kód. Provádí běžné úkoly, které jsou definovány v jazyce G. Tím se snižuje čas kompilace, ale také poskytuje neměnné rozhraní pro různé operační systémy, grafické systémy a hardware komponenty. Kód je přenositelný mezi platformami. Kompilace LabVIEW kódu je pomalejší než v C kódu. Rozdíl je v optimalizaci programu na úkor vlastní rychlosti provádění.

Knihovny – LabVIEW obsahuje velké množství knihoven, obsahující funkce například pro sběr dat, generování signálu, matematiku, statistiku, zpracování signálu a podobně. Přidáním dalších balení knihoven jsou k dispozici pokročilé funkce, například filtry a speciální funkce pro sběr dat. Také obsahuje textovou programovací součást MathScript s rozšířenými funkcemi pro zpracování signálu, analýzu. Mohou být integrovány do grafického programovacího jazyku pomocí skript uzlu. Syntaxe je obecně kompatibilní s programem MATLAB. [3]

2.4 Virtuální TEDS

Výrobci senzorů na celém světě si uvědomují absolutní výhody koncepce TEDS, který poskytuje standardizovaný jazyk pro popis senzoru. Virtuální TEDS je binární soubor, který je uložen na lokálním počítači, nebo je umístěn v databázi na internetovém serveru na místo v EEPROM. To umožňuje obrovskou základnu pro sdílení. Použití analogových senzorů pro realizaci výhod TEDS, aniž by bylo nutné dodatečně dovybavit vestavěnou paměť EEPROM. Virtuální TEDS se uplatní při aplikacích, kde podmínky provozu senzoru brání použití jakékoli elektroniky, jakým je paměť typu EEPROM pro senzory.

NI-DAQmx LabVIEW



Obr. 9. Virtuální TEDS, přístup přes webové rozhraní [4]

Jednotlivé druhy Virtuálních TEDS souborů je možné získat například ze stránky firmy National Instruments v sekci TEDS. Je potřeba zadat druh čidla a další upřesňující informace například měřicí rozsah, maximální teplota, doba odezvy podobně. Nebo je možné podle tabulky Tab. 8. Výrobci podporující Virtuální TEDS., zvolit výrobce, druh čidla a stáhnout požadovaný soubor. Jediným kritériem je nutnost zaregistrovat se na stránce a znát přesně název modelu. Například teplotní čidlo od firmy National Instruments s názvem modelu 745685-E01 má pojmenován soubor s TEDS daty: IEEE1451_4_30_6_A_1_0_0.ted.

Select Manufacturer

Manufacturer

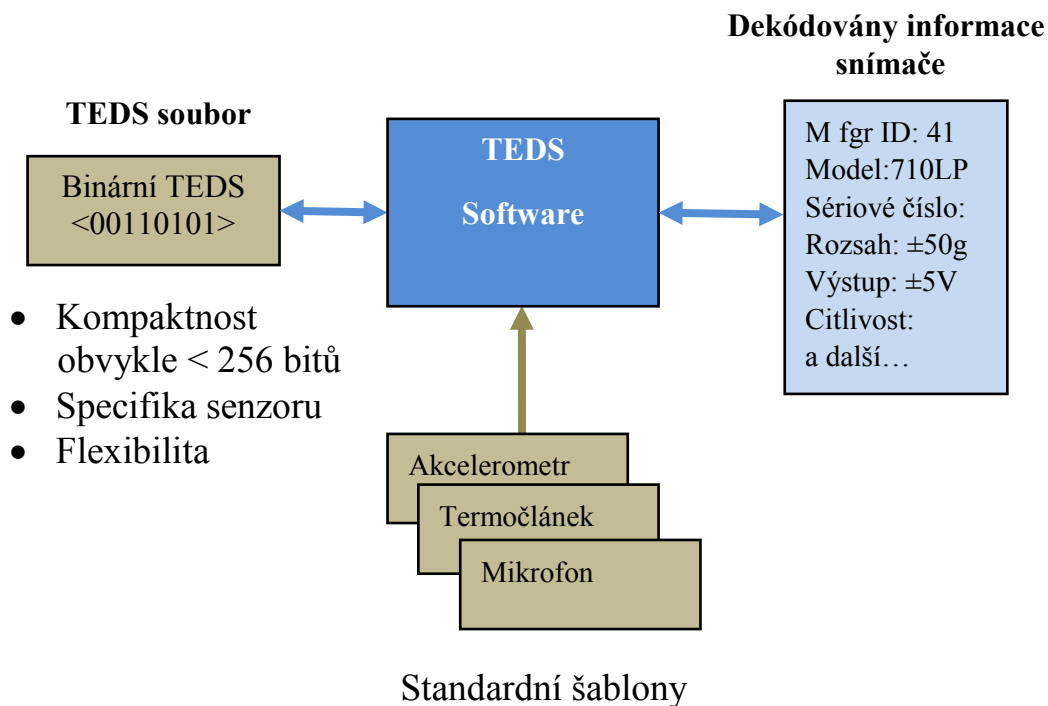
National Instruments
Choose One
Endevco
Futek
Kistler
LEM
Macrosensors
National Instruments
RDP Electronics
Sensorex
Transducer Techniques
Watlow
Weed Instruments
Wilcoxon

Continue ▶

Obr. 10. Dostupnost výrobců na stránce National Instruments [6]

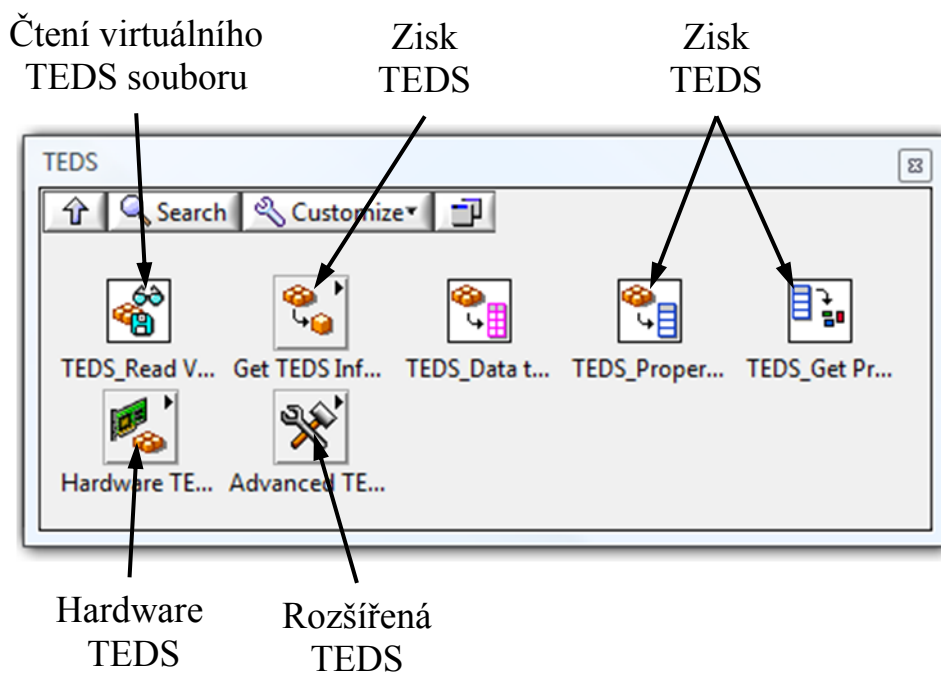
Výrobce/ Druh snímače	akcelerometr	teplota	síla	akustika	el. magnetické	pozice	tlak
Bruel & Kjaer	OK	-	-	OK	-	-	-
Futek	-	-	OK	-	-	-	-
Honeywell Sensotec	OK	-	OK	-	-	OK	OK
Kistler	OK	-	-	-	-	-	-
LEM	-	-	-	-	OK	-	-
Lion Precision	-	-	-	-	-	OK	-
Macro Sensors	-	-	-	-	-	OK	-
National Instruments	-	OK	-	-	-	-	-
PCB Piezotronics	OK	-	-	-	-	-	-
Endevco	OK	-	-	-	-	-	-
G.R.A.S. Sound & Vibration	-	-	-	OK	-	-	-
RDP Electronic	OK	-	OK	-	-	OK	-
Sensorex	OK	-	-	-	-	OK	-
Transducer Techniques	-	-	OK	-	-	-	-
Watlow	-	OK	-	-	-	-	-
Wilcoxon	OK	-	-	-	-	-	-
Weed Instrument	-	OK	-	-	-	-	-

Tab. 8. Výrobci podporující Virtuální TEDS.

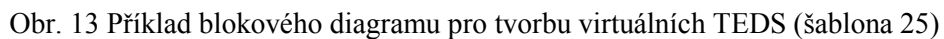


Obr. 11. Spolupráce bitového toku TEDS se šablonou a dekodování. [5]

Technologie TEDS je podporována softwarovým ovladačem NI-DAQmx od verze 7.2, ta je plně kompatibilní s virtuálními a inteligentními TEDS snímači. Funkce TEDS čtení je integrována do měřicího a automatizačního průzkumníka (MAX) a do DAQ asistentu. TEDS knihovna je volně dostupná pro LabVIEW. Vytvořený virtuální TEDS soubor, lze v MAX připojit k fyzickému kanálu.



Obr. 12. Část palety TEDS pro LabVIEW.



- V části 1 dochází k vytvoření základních TEDS (basic TEDS).
- Následuje výběr normy a struktury standardních TEDS.
- V části 3 je vytvořena prázdná příslušná šablona.
- Ve 4 části dochází k editaci této šablony a vložení hodnot z front panelu.
- Část 5 zabezpečuje správné ukončení vkládaných dat do standardní šablony.
- Část 6 je určena pro vkládání uživatelských dat.
- Část 7 je určena pro zápis virtuálních TEDS dat do souboru.
- Poslední část zachycuje chybová hlášení.

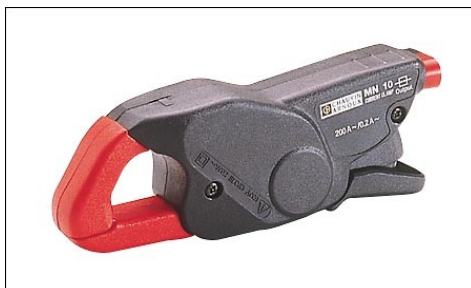
3. Senzory analyzátoru elektrického výkonu

3.1 Proudové kleště

Proudové kleště jsou především určeny pro měření DC a AC proudů bez rozpojení obvodu, při instalaci, opravách elektrických sítí a také elektrických spotřebičů. Výhodou kleští je měření napětí a proudů ve skutečných efektivních hodnotách. Většina přístrojových kleští obsahuje přehledný LCD display, ten může být doplněn o sloupcový indikátor – barograf. Na velikosti kleští závisí i schopnost měřit maximální průměr měřeného vodiče, to ukazuje použitelnost samotných kleští. Proudové kleště, mohou obsahovat i různé funkce, například funkce peak, hold, zero, min/max, jenž záleží na vybavenosti každého přístroje. Příklad základních proudových kleští, viz: Obr. 14. a Obr. 15.

3.1.1 Chauvin Arnoux MN71

Jedná se o zařízení, skládající se ze dvou čelistí. Těmito čelistmi se obejmě vodič, na kterém se bude měřit. Zařízení slouží k měření okamžitých hodnot proudu a zvládá měřit do 10A. Údaje lze snadno číst pomocí vhodného měřicího přístroje. Při měření není nutné přerušení, nebo odpojení obvodu.



Obr. 14. Ilustrační foto kleště Chauvin Arnoux řada MN

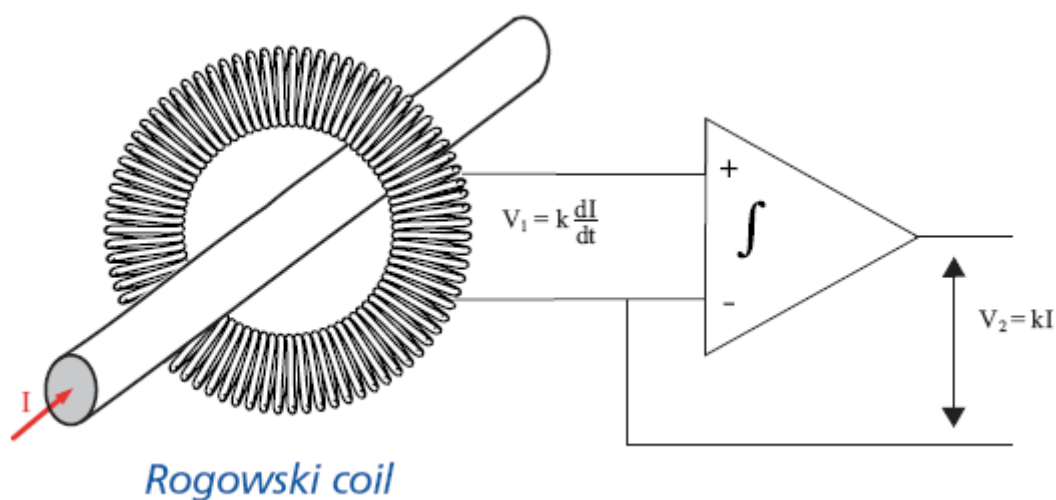
3.1.2 Chauvin Ampflex A100



Obr. 15. Kleště Chauvin Ampflex A100

Princip Rogovského prstence – je elektrické zařízení pro měření střídavého proudu (AC), nebo vysoké rychlosti pulsů. Skládá se šroubovicové cívky namotané na drátovém vedení. Má dva rozpojitelné konce. Celá sestava se oběhne kolem vodiče, jehož proud se má měřit. Indukované napětí, které je v cívce, je přímo úměrné rychlosti změny (derivaci) proudu ve vodiči. Výstup cívky je připojen k integračnímu obvodu, poskytuje výstupná signál, který je úměrný proudu.

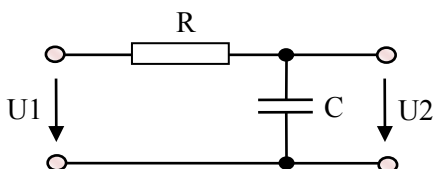
Rogovského cívka má železné jádro. Neobsahuje magnetický obvod, to znamená, že u něj neexistuje efekt nasycení. Má nízkou indukčnost, tím pádem může rychleji reagovat na rychle se měnící proudy. Průběh je velmi lineární, i když jsou kleště vystaveny velkým proudům, jako jsou použity například v přenosu elektrické energie, svařování, nebo v aplikaci založené na pulsech.



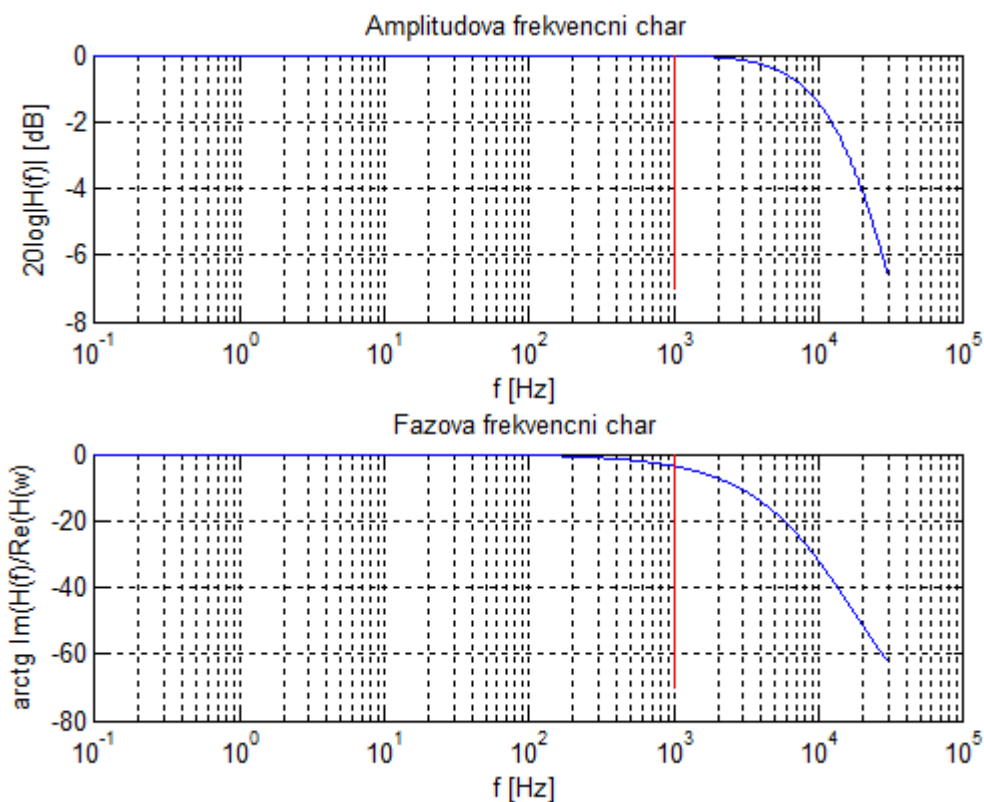
Obr. 16. Princip Rogovského prstence.

3.2 Rozbor vlastností senzorů

Vlastnosti proudových kleští jsou podobné charakteristikám RC článku. RC článek se skládá z rezistoru a kapacitoru. Viz. Obr. 17. Má charakteristiku dolno propustného filtru, se zvyšující se frekvencí vstupního napětí výstupní napětí klesá. Vyobrazené charakteristiky odpovídají časové konstantě $\tau = R.C=10^{-5}s$. Charakteristiky byly modelované v programu MATLAB, Viz. Obr. 18.



Obr. 17. RC článek.

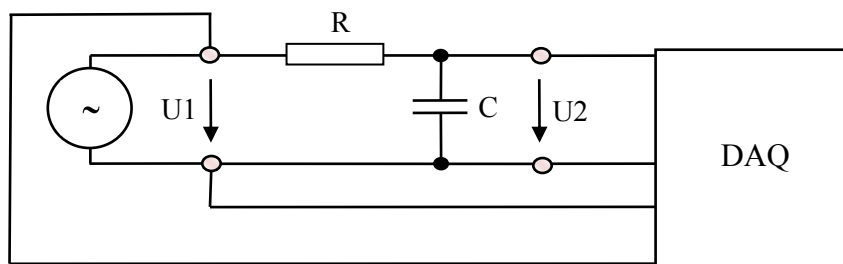


Obr. 18. Amplitudová a Fázová frekvenční charakteristika.

3.3 Změřená data RC článku

3.3.1 Měřicí řetězec RC článku

Toto měření přibližuje funkčnost měřících kleští. Místo měřících kleští je použit RC článek v invertujícím zapojení, viz Obr. 19. Na základě tohoto zapojení se měří amplitudová a fázová frekvenční charakteristika.



Obr. 19. Princip měření RC článku.

3.3.2 Komponenty měřícího řetězce

Pro přiblížení vlastností měřících kleští byl použit RC článek. Zjišťovaly se zejména frekvenční charakteristiky a to Amplitudová a Fázová charakteristika. RC článek měl hodnoty: $R=10K\Omega$ a $C = 100nF$. Bylo potřeba zjistit mezní frekvenci a časovou konstantu, viz níže:

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = 159,155Hz$$
$$\tau = R \cdot C = 1ms$$

RC článek byl umístěn na nepájivém poli laboratorní platformy ELVIS II od firmy National Instrument. ELVIS II slouží pro simulaci a ověřování nejrůznějších elektronických obvodů, ať už při výuce, tak i v praxi. Jako programové prostředí je určeno LabVIEW. Laboratorní platformu je možné rozšířit o plug-in desky, osazených různými mikroprocesory, nebo desek určených pro telekomunikaci. Například od firmy Freescale Semiconductor, nebo Emola.[11]

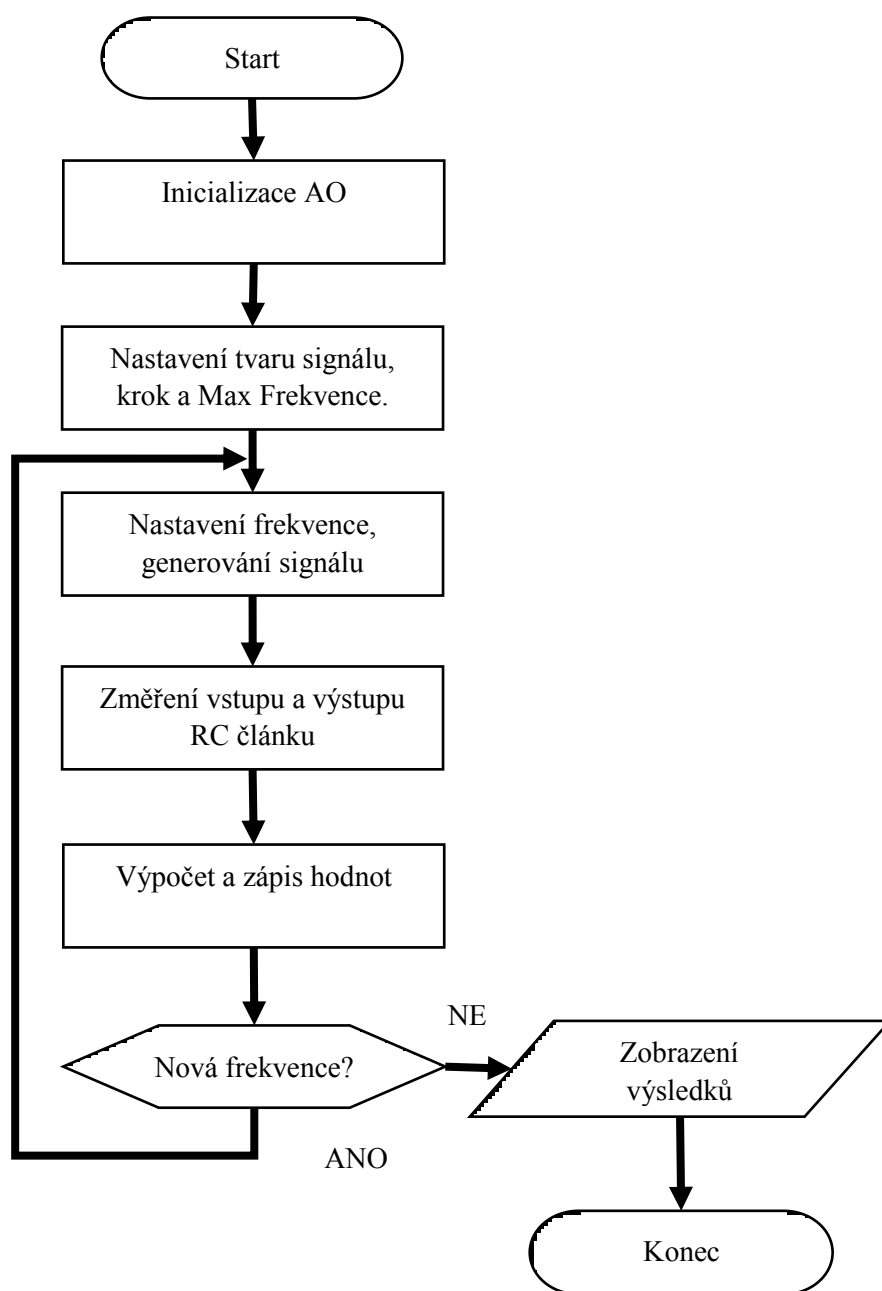


Obr. 20. Ilustrační foto ELVIS II [11]

V měřícím řetězci byla rovněž použita měřicí karta NI PCI 6221. Je to cenově dostupná multifunkční karta určena pro sběr dat. Zařízení pracuje s různými operačními systémy, které zahrnují softwarový ovladač NI-DAQmx, například Windows, nebo operační systémy pracující v reálném čase. Obsahuje šestnáct analogových vstupů a dva 16ti bitové analogové výstupy (833kS/s), 24 digitálních I/O, 32 bitové čítače, kalibrační list s více než 70 možnostmi signálu, korelovaný DIO (8 taktovaných linek po 1MHz) a kalibrační technologii pro zvýšení přesnosti měření. Tato karta se hodí při požadavcích vysokého výkonu a přesnosti. Měřicí karta je umístěna v PC, kde také byl vyvinut měřicí software. [12]

3.3.3 Algoritmus měření RC článku

Poslední částí měřícího řetězce je vyvinutý měřicí software. Ten pracuje zcela automaticky. Uživatel si nastaví maximální frekvenci, do které chce měřit. Rovněž je potřeba nastavit krok frekvence, požadovanou vzorkovací frekvenci a počet vzorků na měřených kanálech. Po ukončení měření jsou k dispozici naměřená a vypočtená data, ta jsou zobrazena v příslušných grafech. Měřily se frekvenční závislosti konkrétního integračního RC článku a to Amplitudová a Fázová frekvenční charakteristika. Je potřeba, aby byla zajištěna neustálá návaznost na aktuální data získávaná přivedením generovaného signálu na vstup integračního RC členu. Program je umístěn v jedné smyčce while. Viz: Obr. 21. Vývojový diagram zjištění charakteristik RC článku.



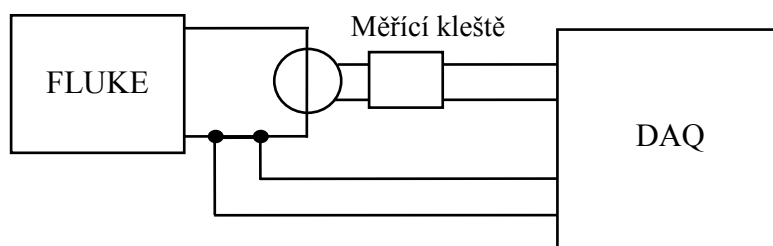
Obr. 21. Vývojový diagram zjištění charakteristik RC článku.

4. Senzor proudu

4.1 Kalibrační konstanty proudových kleští

4.1.1 Měřicí řetězec kleští

Toto měření je zaměřené pro získání kalibračních dat pro oba druhy měřících kleští a to pro Chauvin Arnoux MN71 a Chauvin Ampflex A100. Navrhnutý měřicí řetězec viz: Obr. 22.



Obr. 22. Princip měřicího řetězce, získání kalibračních dat.

4.1.2 Komponenty měřicího řetězce

Z důvodu poruchy kalibrátoru, bylo navrženo pouze měření, ale nebylo provedeno. Navrhnutou součástí měřicího řetězce byla kompaktní měřicí karta firmy National Instrument USB6210. Poslední vylepšení a nové technologie umožnili sběrnici USB využít pro technologii sběru dat v oblasti měření a automatizace. Optimalizovány pro maximální přenos v malém provedení. Toto zařízení je snadno použitelné pro porty notebooků. Obsahuje 32 analogových vstupů, 250kS/s, 2 analogové výstupy (16ti bitové), až 32 TTL/CMOS digitálních vstupů/výstupů, dva 32 bitové 80MHz čítače/časovače. Řada M v USB provedení je ideální pro testování, kontroly a konstrukční návrhy, včetně záznamů dat. [13]



Obr. 23. Ilustrační foto NI USB6210 [13]

Fluke 6100A

Nejrozšířenější metodou pro kalibraci je porovnávání měřeného přístroje s přístrojem referenčním. Metoda vyžaduje zdroj napětí a ještě metodu pro řízení proudu měřeného kalibrovaným elektroměrem. Nejpoužívanější metodou je vytvoření zdroje signálu. Zdroj je připojen na proměnnou zátěž, pro zjištění přibližných proudů. Kalibrovaný a referenční elektroměr měří napětí zdroje a na zátěži. Tyto hodnoty jsou pak porovnávány pro kalibraci.

Obsahují harmonické složky, které nejsou známe. Z toho plyne nemožnost zjištění velikosti chyby. Použije se programovatelný zdroj napětí a proudu, který eliminuje zploštělý průběh, způsobený usměrňovačem. Takový přístroj vytvoří fantomový výkon, kdy fázový rozdíl mezi napětím a proudem je nezávislý. Takovým přístrojem je přístroj řady 6100A od firmy Fluke.



Obr. 24. Kalibrační přístroj Fluke 6100A [10]

Kalibrace a ověřování – přístroj nabízí plnou funkčnost při práci s měřidly energie. Je vybaven vstupy, na které jsou přivedeny kalibrační impulsy z testovaných přístrojů. Přístroj 6100A pak vypočítává měřenou energii a porovnává ji s energií zadanou uživatelem. Vypočítává a také zobrazuje chyby. Pro případ použití externího komparátoru je přístroj vybaven impulsními výstupy.

Fantomové napájení – je metoda pro přenos elektrického napájení. Přístroj dodává čisté sinusové napájení 1000V a proud do 21A. Dostupné je až 50VA na svorkách podpůrných nástrojů. Proudový výstup může produkovat také pomocné napětí až 10V, pro simulaci signálů jdoucích ze snímačů. Fázový úhel mezi napětím a proudem je nastavitelný od -180° do 180° . Přístroj umí vypočítat hodnoty činného výkonu, zdánlivý výkon, jalový výkon a účinník.

Rozlišení a přesnost – napětí a proud jsou generovány až 6 místným rozlišením. Přesnost se blíží 0,01%. Nastavení fáze rozlišení je 1m stupeň, nebo 10 μ radian. Fáze výkonu je 3 milli-stupňů a krátkodobá stabilita 200 milli-stupňů. Více fázové systémy mají přesnost 5 milli-stupňů a krátkodobá stabilita 200 milli-stupňů. Při přesnosti fáze 3 milli-stupňů, přístroj zajišťuje výkon s přesností 0,02%.

Více fázové operace - Řídící jednotka přístroje pracuje se základním jednofázovým provozem, s jedním napětím a proudovým výstupem. Pro více fázové aplikace je nutné přidat pomocné jednotky. Maximální počet fází: 4. Každá fáze je nezávislá a galvanicky oddělena, ale zůstává synchronizována. Všechny fáze jsou nezávisle na sobě samostatně programovatelné, to umožňuje simulovat různé podmínky nesymetrie.

Komplexní signály – přístroj může dodávat přesné množství harmonického zkreslení nezávisle na napětí a proudu výstupů. Prvních 100 harmonických lze nastavit individuálně, s úrovní až do výše 30% základní hodnoty. Přidání harmonických složek neovlivní přesnost měření. [10]

4.1.3 Naměřená kalibrační data

Jelikož byla porucha na kalibrátoru, měření bylo pouze navrženo. Kalibrační soubory s kalibračními konstantami měřících kleští byly dodány vedoucím diplomové práce. Vzhledem k množství potřebných měření nutných k získání správného obsahu kalibračních konstant byl použit automatizovaný postup využívající programovatelného zdroje signálu – kalibrátoru a altimetru, který je vybaven komunikačním rozhraním.

Kalibrační konstanty jsou uloženy v kalibračním souboru pod verzí struktury souboru dat 4. Kalibrační soubor má příponu: .CFG. V kalibračním souboru jsou uloženy informace, v jakých bodech se prováděla kalibrace jednotlivých měřících kleští a samotné kalibrační konstanty. Hodnoty frekvence, na kterých je zjišťována amplitudově frekvenční charakteristika (parametr FreqAmp), jsou stejné pro oba druhy kleští. Frekvence, na kterých je zjišťována fázově frekvenční charakteristika (parametr Freq) a část rozsahu (parametr Range_percentage) uvedený v procentech, pro které je prováděna kalibrace je stejná pro oba druhy kleští.

FreqAmp=45,50,55,60,65,100,150,250... 3250

Freq=50,150,250,350,550,750,1050,1450,1950,2450,3250

Range_percentage=2,10,30,50,75,99

Měřicí kleště Chauvin Arnoux MN71 mají rozsah 2A a 10A. Těmto rozsahům odpovídá parametr MP, takzvaný Multi-Point. Obsahuje konstanty, kterými jsou násobeny vzorky signálu, aby byly naškálovány v reálných veličinách. Počet konstant odpovídá parametru Range_percentage. Konstanty prvního řádku odpovídají rozsahu 2A a konstanty odpovídají části rozsahu (2,10,30,50,75,99) v procentuálním vyjádření. Druhý řádek odpovídá rozsahu 10A. Tyto konstanty jsou určeny pro amplitudově frekvenční charakteristiky.

1_MP=0.343923,0.342878,0.342406,0.342199,0.341987,0.341806

2_MP=1.747017,1.745990,1.743681,1.741871,1.740513,1.739330

Za každým Multi-Point následují vlastní data, body amplitudové charakteristiky na frekvencích definovaných parametrem FreqAmp pro 2,10,30,50,75,99 procenta rozsahu.

1_2=1.000997,1.000000,0.999405,0.998810,0.998293,0.996665,0.995848,0.995805...

1_10=1.000997,1.000000,0.999405,0.998810,0.998293,0.996665,0.995848,0.995805...

1_30=1.000997,1.000000,0.999405,0.998810,0.998293,0.996665,0.995848,0.995805...

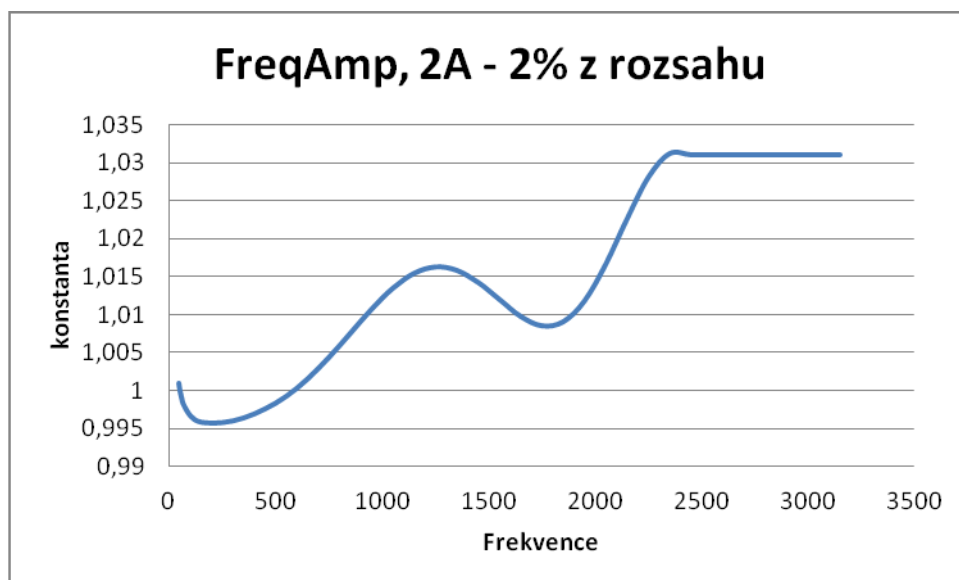
...

Dále následují kalibrační konstanty pro fázové frekvenční charakteristiku. Body fázové frekvenční charakteristiky na frekvencích definovaných parametrem Freq pro 2,10,30,50,75,99 procenta rozsahu.

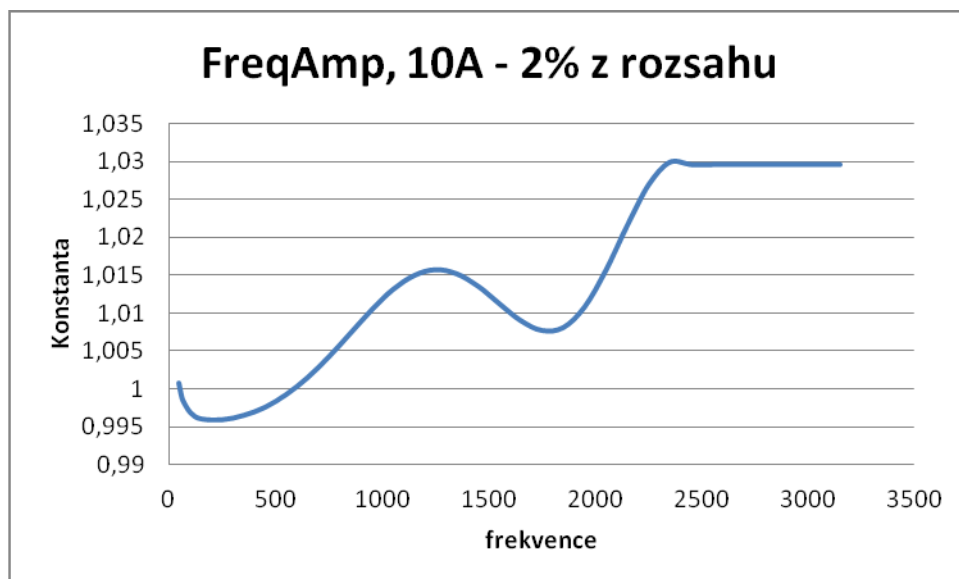
1_2=-1.255211,-1.050043,-1.422928,-2.175242,-3.329799,-4.447806,-6.083308,-8.366961...

1_10=-0.794665,-0.316986,-0.294224,-0.372536,-0.558686,-0.666558,-0.896216,-1.198493...

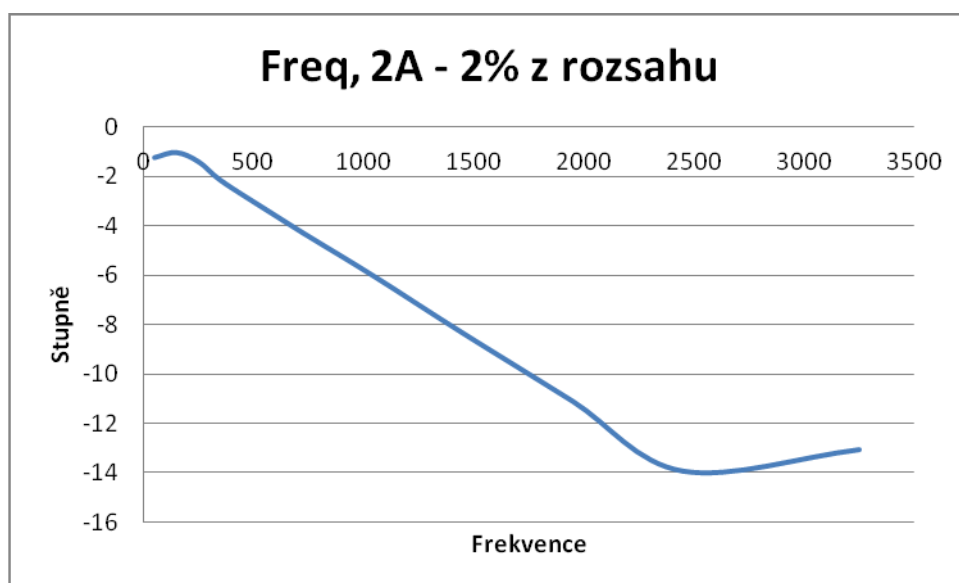
1_30=-0.574596,-0.108101,-0.030753,0.023202,0.075981,0.193670,0.299190,0.412311...



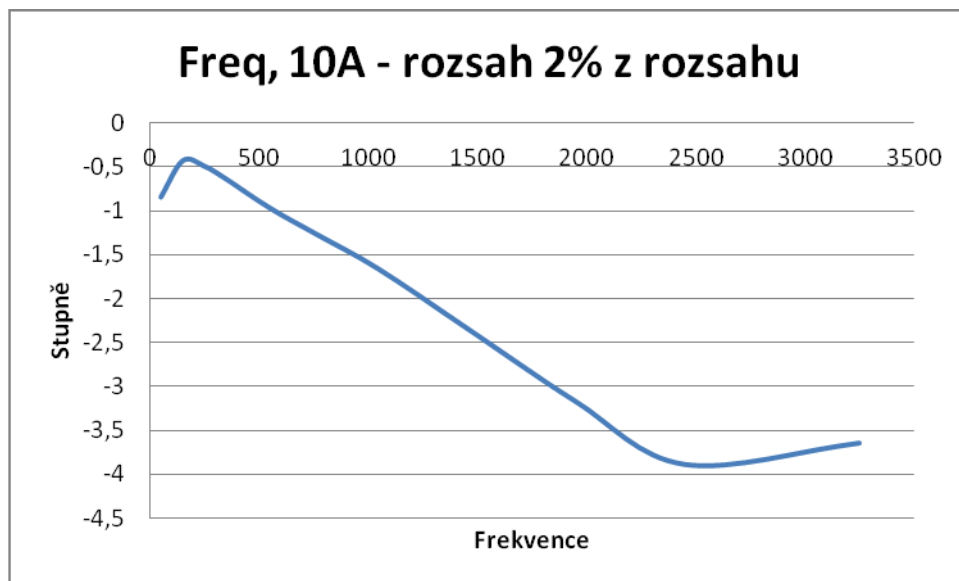
Obr. 25. Amplitudové frekvenční charakteristiky 2A, 2%, Chauvin Arnoux MN71.



Obr. 26. Amplitudové frekvenční charakteristiky 10A, 2%, Chauvin Arnoux MN71.



Obr. 27. Fázová frekvenční charakteristika ve stupních 2A, 2%, Chauvin Arnoux MN71



Obr. 28. Fázová frekvenční charakteristika ve stupních 10A, 2%, Chauvin Arnoux MN71

Měřicí kleště Chauvin Ampflex A100 mají rozsah 30A, 300A a 3kA. Těmto rozsahům odpovídá parametr MP, takzvaný Multi-Point. Obsahuje konstanty, kterými jsou násobeny vzorky signálu, aby byly naškálovány v reálných veličinách. Počet konstant odpovídá parametru Range_percentage. Konstanty prvního řádku odpovídají rozsahu 30A a konstanty odpovídají části rozsahu (2,10,30,50,75,99) v procentuálním vyjádření. Druhý řádek odpovídá rozsahu 300A. Třetí řádek odpovídá rozsahu 3kA.

1_MP=4.813457,4.815821,4.823117,4.824920,4.824147,4.822466

2_MP=48.477507,48.538163,48.582967,48.621784,48.690034,48.754878

3_MP=490.318103,492.028120,496.537518,496.797592,496.986634,497.087309

Za každým Multi-Point následují vlastní data, body amplitudové charakteristiky na frekvencích definovaných parametrem FreqAmp pro 2,10,30,50,75,99 procenta rozsahu.

1_2=1.001602,1.000000,1.000306,0.999767,0.999420,0.998186,0.996943,0.995814...

1_2=1.001602,1.000000,1.000306,0.999767,0.999420,0.998186,0.996943,0.995814...

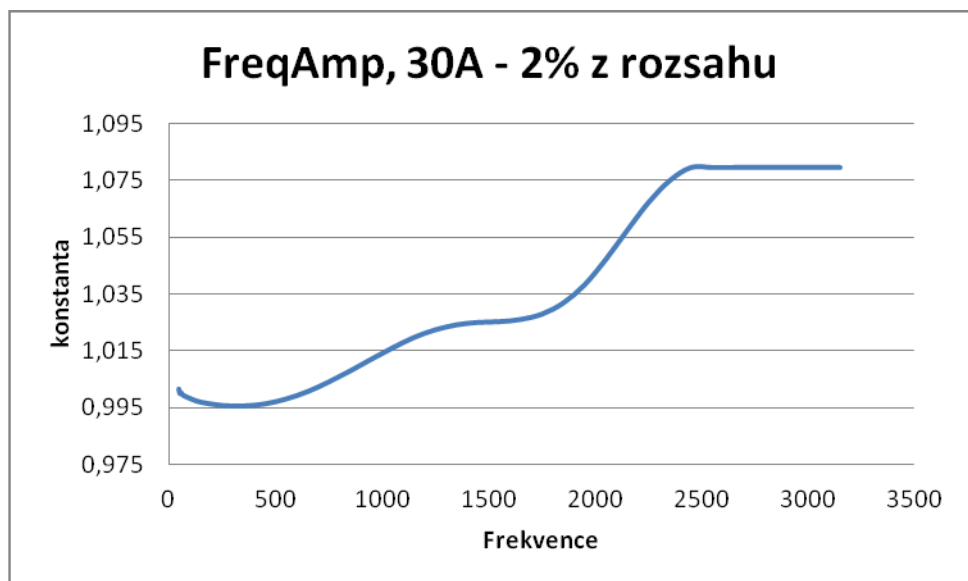
1_2=1.001602,1.000000,1.000306,0.999767,0.999420,0.998186,0.996943,0.995814...

Dále následují kalibrační konstanty pro fázové frekvenční charakteristiku. Body fázové frekvenční charakteristiky na frekvencích definovaných parametrem Freq pro 2,10,30,50,75,99 procenta rozsahu.

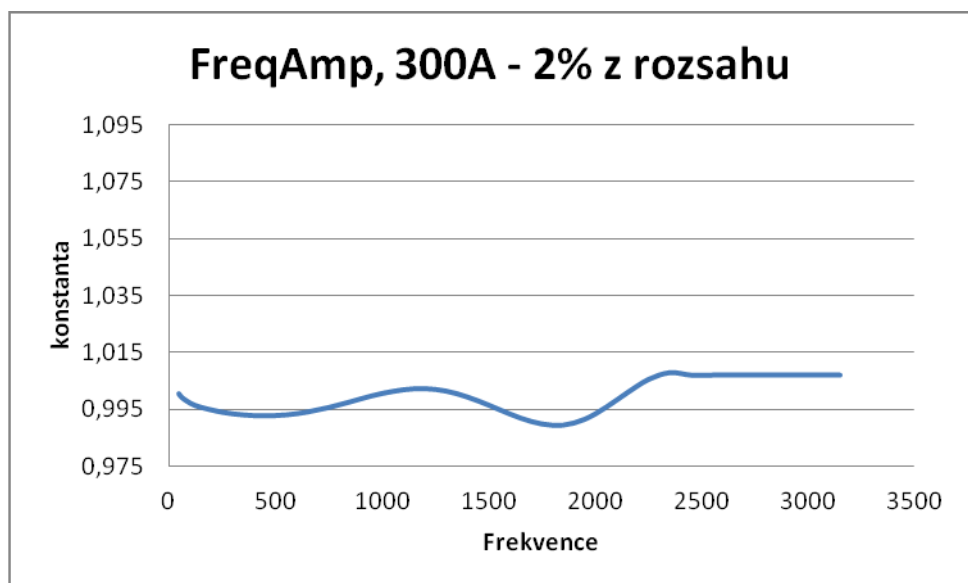
1_2=-0.670950,-4.287241,-7.552075,-10.503997,-16.300400,-21.980416,-30.634942...

1_10=-0.794966,-4.335941,-7.431768,-10.397667,-16.315763,-21.992485,-30.635782...

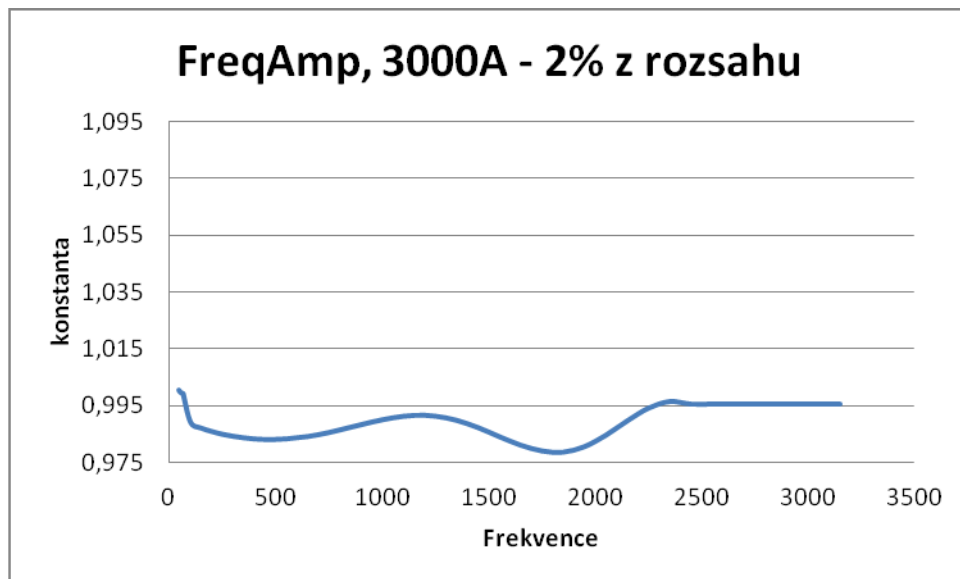
1_30=-0.812717,-4.262229,-7.331655,-10.343075,-16.269157,-21.988025,-30.664694...



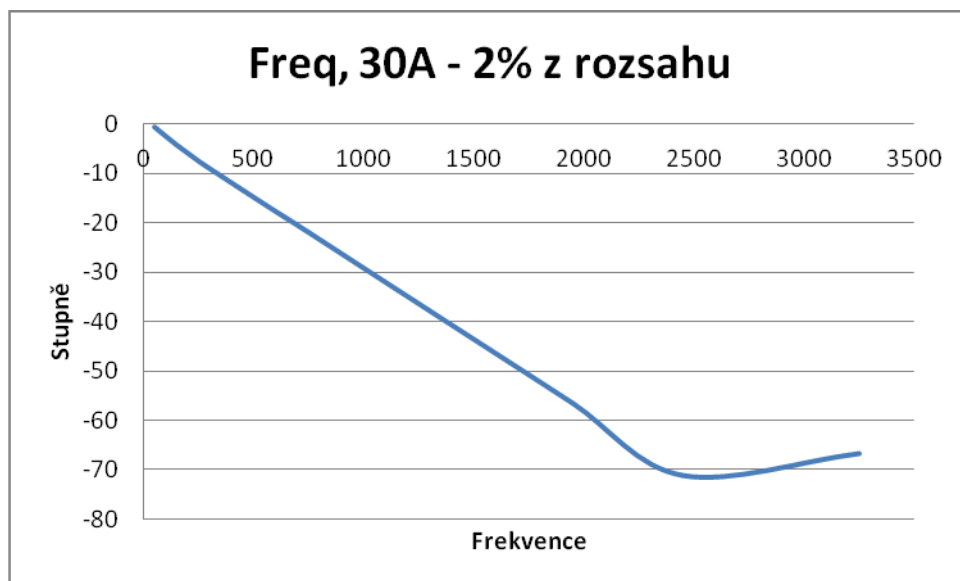
Obr. 29. Amplitudové frekvenční charakteristiky 30A, 2%, Chauvin Ampflex A100



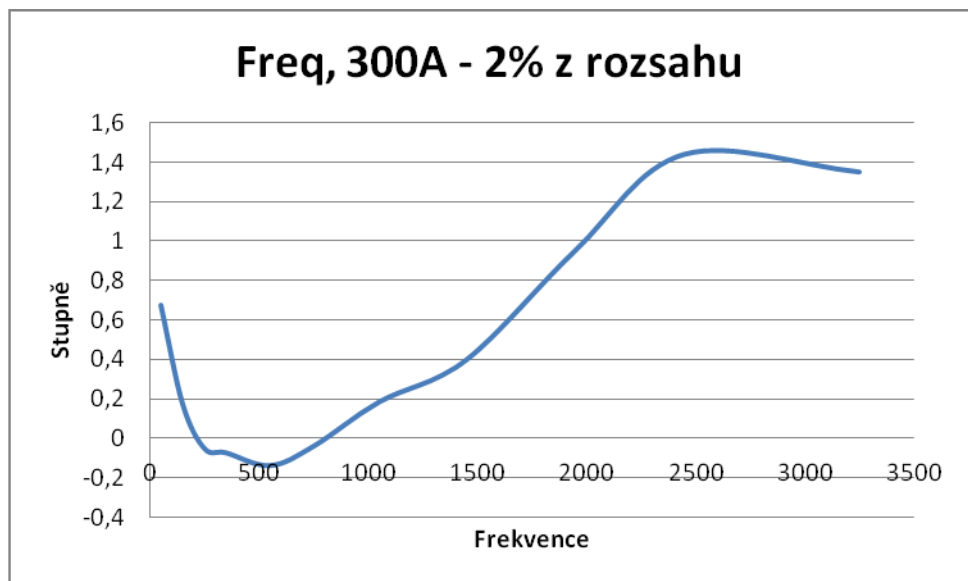
Obr. 30. Amplitudové frekvenční charakteristiky 300A, 2%, Chauvin Ampflex A100



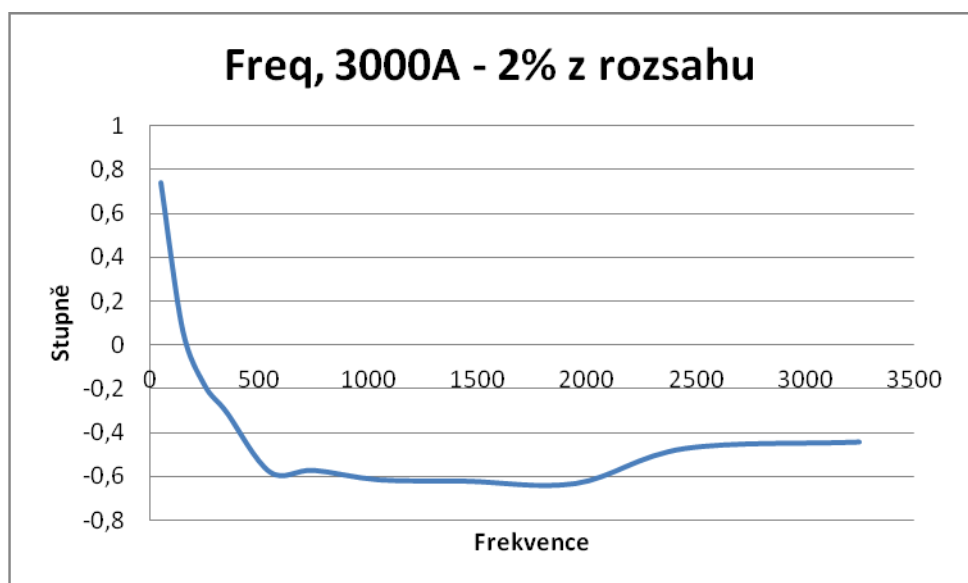
Obr. 31. Amplitudové frekvenční charakteristiky 3kA, 2%, Chauvin Ampflex A100



Obr. 32. Fázová frekvenční charakteristika ve stupních 30A, 2%, Chauvin Ampflex A100



Obr. 33. Fázová frekvenční charakteristika ve stupních 300A, 2%, Chauvin Ampflex A100



Obr. 34 Fázová frekvenční charakteristika ve stupních 3000A, 2%, Chauvin Ampflex A100

4.2 Návrh Implementace dat měřících kleští

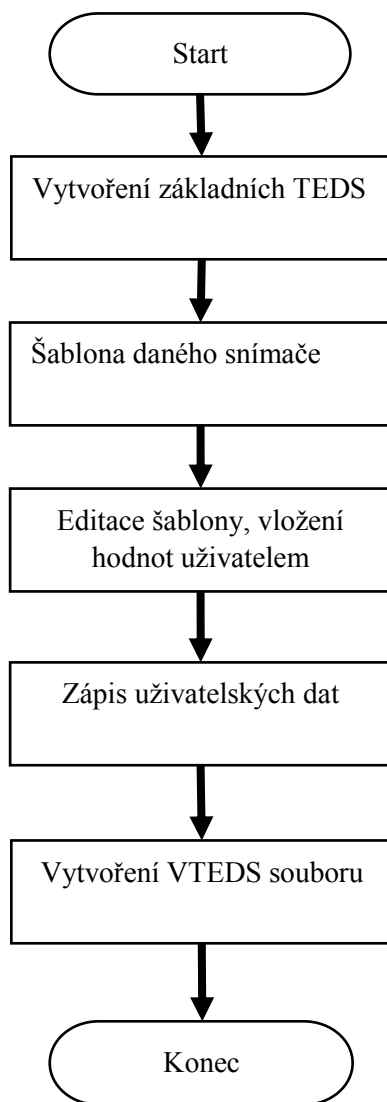
4.2.1 Návrh kalibračních tabulek

Návrh kalibrační tabulky vychází ze získaných informací o měřících kleštích (Chauvin Ampflex A100 a Chauvin Arnoux MN71) a ze změřených hodnot. Tabulka je navržena podle normy IEEE 1451.4. Obsahuje nejdůležitější informace, nutné pro správné použití senzoru, v tomto případě měřících kleští. Skládá se ze dvou částí. První je typická pro všechny, jako jsou identifikační parametry (název výrobce, číslo modelu, sériové číslo, verze popisu). Druhá část informací se týká už jednotlivých specifických parametrů daného snímače. Předně jde o: datum kalibrace, citlivost, šířka pásma, jednotky. U měřících kleští jsou také důležité frekvenční charakteristiky a to Amplitudová a Fázová frekvenční charakteristika, konstanta a offset. Změřené konstanty charakteristik jsou zde také zapsány.

Basic TEDS	ID výrobce	0 (VE 26XX)
	Číslo modelu	2606
	Verze popisu	A
	Sériové číslo	x.....
Standardní & Rozšířené TEDS	Datum kalibrace	Jan 29, 2010
	Referenční teplota	18 - 28°C
	Pracovní teplota	0 - 50°C
	Skladovací teplota	(-20) až 60°C
	Relativní vlhkost	max. 70%
	Rozsah AC I	0,01 - 10A
	Rozsah DC I	0,1 - 10A
	Rozsah frekvence	45Hz - 3,25kHz
Uživatelská oblast	Konstanta	1V/10A
	Platnost kalibrace	Jan 29, 2012
	Vytvořil	Jméno autora

Tab. 9. Návrh kalibrační tabulky.

4.2.2 Návrh virtuální TEDS

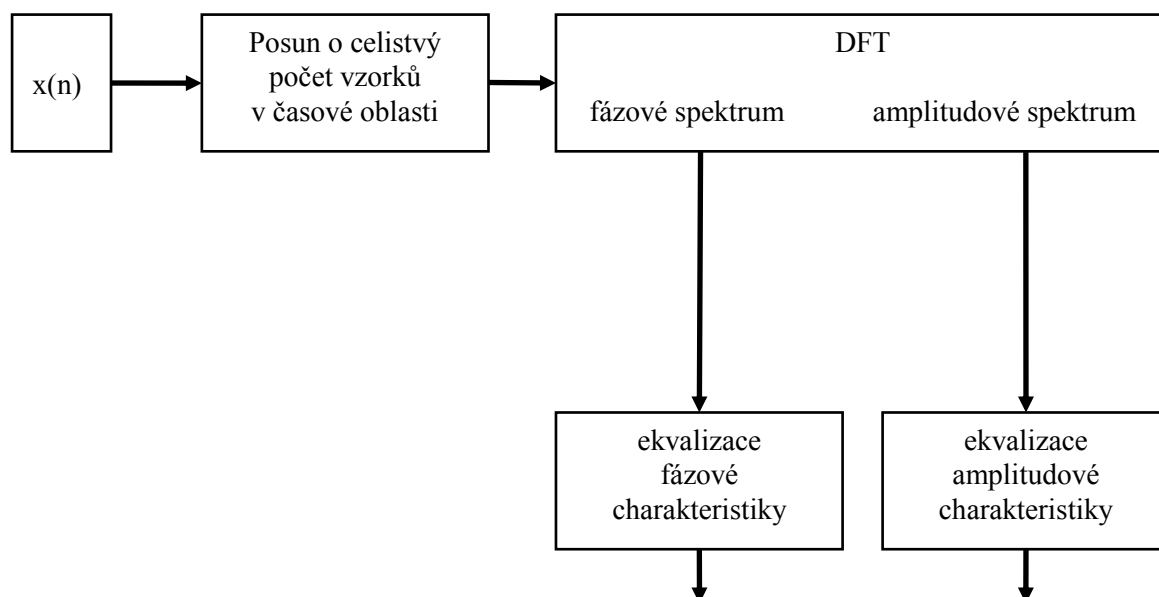


Obr. 35. Vývojový diagram návrhu tvorby binárního souboru TEDS

Algoritmus vytvoření příslušného binárního souboru je podmíněn uživatelem. Uživatel zadá a volí nejdůležitější informace o daném snímači, podle navrhnuté kalibrační tabulky. Snímačem v tomto případě je dvojice proudových kleští (Chauvin Ampflex A100 a Chauvin Arnoux MN71). Provede volbu jednotlivých informací a spustí algoritmus. Výsledkem je vytvoření binárního TEDS souboru. Totéž provede pro druhé proudové kleště. Binární soubor má příponu: .ted. Viz: Obr. 31.

4.2.3 Návrh kompenzačního řetězce

Ze zjištěných závislostí amplitudy a fáze na frekvenci a úrovni veličiny v rámci rozsahu vstupu jednotlivých měřících kleští byl navržen kompenzační řetězec uvedený na Obr. 36. Kompenzační řetězec analyzátoru napájecích sítí Tento kompenzační řetězec slouží pro opravu frekvenčních charakteristik, jelikož samotné měřící kleště ovlivňují měřený signál. Pro dostatečně velké fázové posuny na základní harmonické je signál v časové oblasti nejprve zpožděn o celistvý počet vzorků, tato technika umožňuje kompenzovat fázový posun o celistvý násobek úhlu, který závisí na vzorkovací frekvenci. Dále je ze znalosti velikosti rozsahu a z aktuální amplitudy vzorkovaného signálu zjištěna poloha úrovně signálu v rámci rozsahu. Na signál je uplatněn algoritmus DFT, jehož výstupem je amplitudové a fázové spektrum. Dále je na fázové a amplitudové spektrum uplatněna ekvalizace charakteristik v závislosti na poloze úrovně signálu v rámci rozsahu.



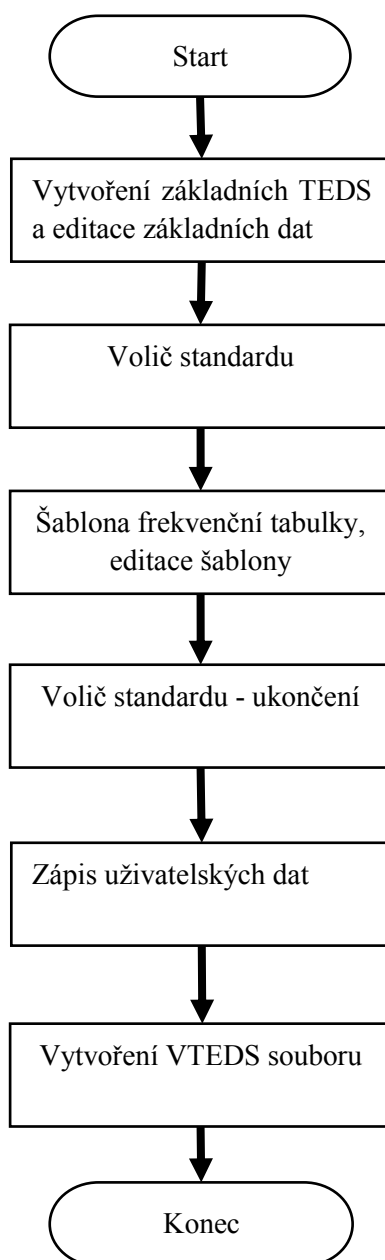
Obr. 36. Kompenzační řetězec analyzátoru napájecích sítí.

5. Implementace TEDS

5.1 Virtuální TEDS soubor

Princip praktického vytvoření a vyčtení uložených dat virtuálního TEDS souboru, je vysvětlen na následujících podkapitolách.

5.1.1 Vytvoření Virtuálního TEDS souboru



Obr. 37. Vývojový diagram tvorby binárního souboru TEDS pro AMPFLEX A100

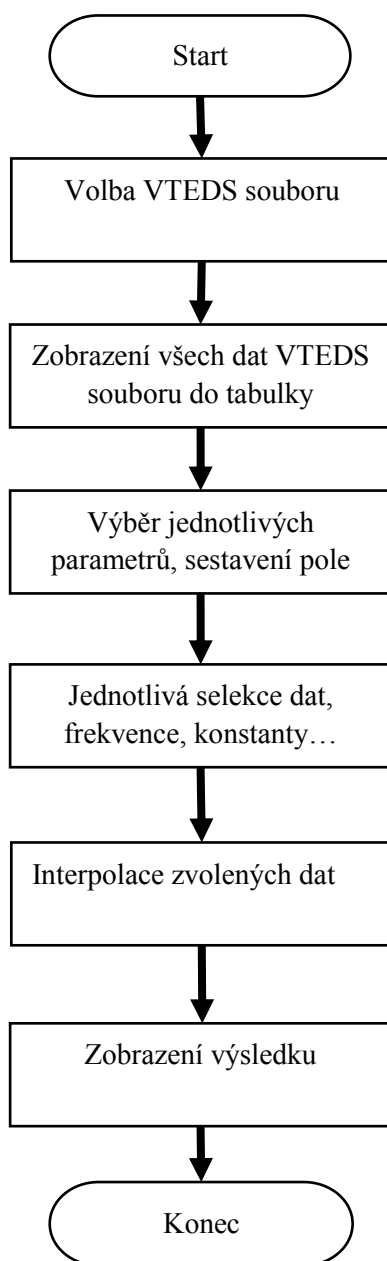
Tvorba virtuálního TEDS souboru se skládá z více částí. Jednotlivé části jsou poskládané za sebou, jelikož se jedná o programování využívající tok dat, navazující na sebe. Nejdůležitější je jaká kalibrační šablona se zvolí pro uložení kalibračních dat. Na výběr jsou celkem tři různé kalibrační šablony, každá šablona je zaměřena na jiné využití, kalibrační tabulka (ID40), kalibrační křivka (ID41) a frekvenční tabulka (ID42). V tomto případě je s výhodou využita kalibrační šablona: Frekvenční tabulka, ID42.

Software je rozdělen na dvě části, na čelní panel a blokový diagram. Čelní panel je určen k editaci základních informací pro TEDS soubor. Například výběr hodnoty identifikace výrobce, pro toto konkrétní čidlo (měřicí kleště Chauvin Ampflex A100) není specifikován výrobce, proto je zvolena hodnota 0, jako přednastavená hodnota. Dále je zde možnost vepsat uživatelská data, může zde být vepsáno cokoli, nejčastěji však jméno autora, nebo kontaktní údaje. Poslední částí čelního panelu je výběr místa uložení a výběru názvu právě tvořeného VTEDS souboru. Viz. Obr. 34.

Obr. 38. Čelní panel zápisu dat pro AMPFLEX A100.

Blokový diagram obsahuje jednotlivé data daného čidla, v tomto případě již zmíněných měřících kleští Chauvin Ampflex A100. Jednotlivé data jsou rozdělena pro přehlednost do částí pro frekvenci amplitudy, frekvenci fáze a k nim příslušných konstant. Pro zápis příslušných dat se využívá šablony frekvenční tabulky. Tato tabulka obsahuje parametr TF_Table_Freq, v němž jsou uložena data o frekvenci pro amplitudu a pak pro fázi. Dalším využitým parametrem je TF_Table_Ampl, zde jsou uloženy příslušné konstanty. Jednotlivé druhy dat jsou od sebe rozděleny odělovačem, tak jsou jednoduše rozpoznatelné.

5.1.2 Vyčtení dat z TEDS souboru



Obr. 39. Čtení VTEDS souboru AMPFLEX A100.

Software pro čtení dat je tvořen ze dvou hlavních částí, vyčtení jednotlivých dat uložených v TEDS souboru a druhou částí provádějící interpolaci příslušných dat. Software pro čtení dat musí být ve stejném adresáři jako vytvořený binární soubor daného snímače. Před spuštěním programu se v čelním panelu zadá přesný název souboru daného virtuálního TEDS souboru. Po spuštění algoritmu se zobrazí do tabulky veškerá uložená data, také se zobrazí použité parametry, to slouží pro zjednodušení následující práce s daty. Viz. Obr. 36.

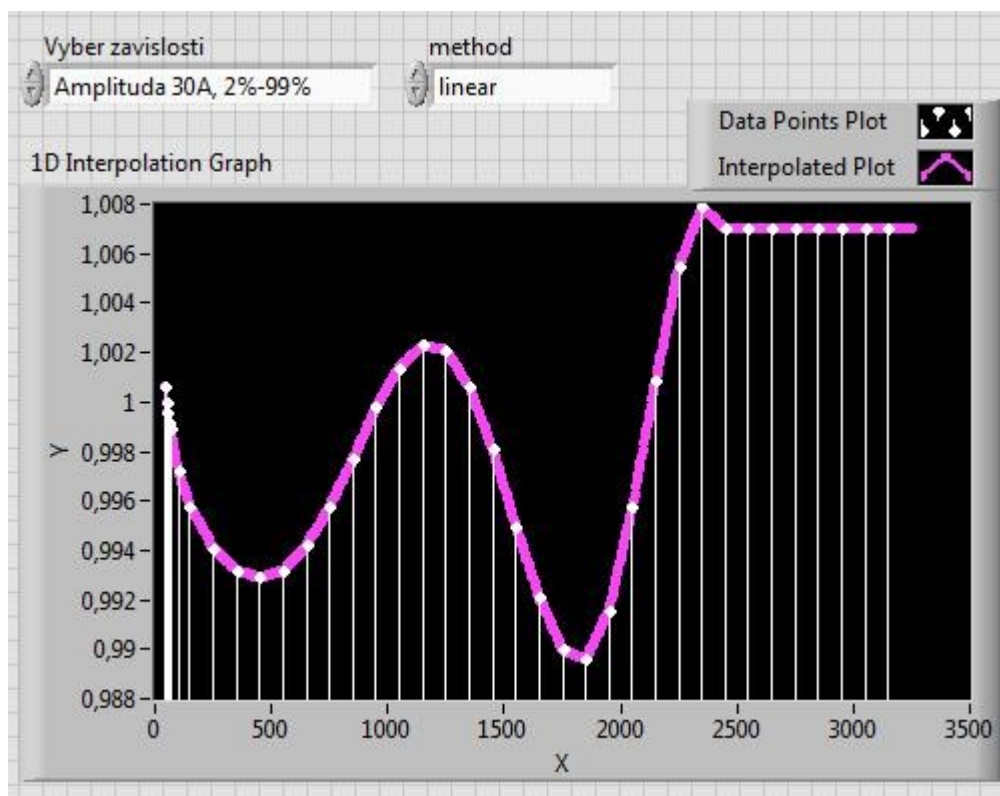
V předchozím kroku došlo k identifikaci použitých parametrů při vytvoření virtuálního TEDS souboru a to parametru TF_Table_Freq a TF_Table_Ampl. Tyto parametry jsou postupně vyčítány ve smyčce for a jsou tím vytvořena dvě pole dat. V prvním poli jsou data týkající se frekvence pro amplitudu a frekvence pro fázi (parametr TF_Table_Freq). Druhé pole hodnot obsahuje konstanty jednotlivých rozsahů (parametr TF_Table_Ampl), ovšem v jednom poli. Následuje rozdělení těchto dat do jednotlivých polí, například rozsah 30A a šest procentuálních rozsahů (2%, 10%, 30%, 50%, 75%, 99%), rozsah 300A a 3000A to má stejně. Pro fázi je k dispozici celkem šest polí pro každý procentuální rozsah. Pro konstanty amplitudové charakteristiky jsou k dispozici tři pole pro jednotlivé rozsahy. To je způsobeno zjednodušením principem získání konstant jednotlivých rozsahů popsanych v kapitole 4.1.

Virtual TEDS File Information		Virtual TEDS Property Names	
Manufacturer ID	0	%TF_Table_Freq	
Model Number	1	%TF_Table_Am	
Version Number	1	%TF_Table_Freq	
Version Letter	A	%TF_Table_Am	
Serial Number	567898	%TF_Table_Freq	
Frequency	4.500761E+1 Hz	%TF_Table_Am	
Amplitude	1.001600E+0 %	%TF_Table_Freq	
Frequency	5.000680E+1 Hz	%TF_Table_Am	
Amplitude	1.000000E+0 %	%TF_Table_Freq	
Frequency	5.499094E+1 Hz	%TF_Table_Am	
Amplitude	1.000300E+0 %	%TF_Table_Freq	
Frequency	6.000571E+1 Hz	%TF_Table_Am	
Amplitude	9.998000E-1 %	%TF_Table_Freq	
Frequency	6.500099E+1 Hz	%TF_Table_Am	
Amplitude	9.994000E-1 %	%TF_Table_Freq	
Frequency	9.999998E+1 Hz	%TF_Table_Am	
Amplitude	9.982000E-1 %	%TF_Table_Freq	
Frequency	1.499906E+2 Hz	%TF_Table_Am	

Obr. 40. Část čelního panelu čtení VTEDS AMPFLEX A100.

Druhou částí je implementace interpolace pro jednotlivé příslušné závislosti konstanty amplitudové frekvenční charakteristiky a fázové frekvenční charakteristiky ve stupních v daném rozsahu. Slouží k dopočtu jednotlivých hodnot konstant po kroku 5Hz, protože krok 5Hz je nejmenší krok zamýšlený v implementaci TEDS souboru v reálné měřicí úloze. Kalibrační konstanty jsou k dispozici pro určité frekvence, důvodem byla časová náročnost získu kalibračních konstant. Není přípustné, aby nebyla k dispozici příslušná konstanta na aktuální měřené frekvenci, k dopočtu této hodnoty slouží právě interpolace.

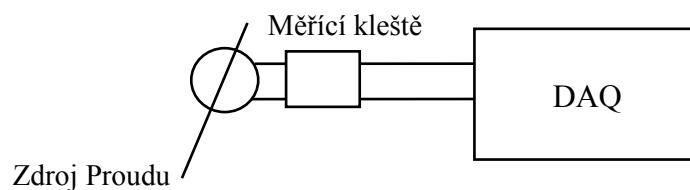
Před spuštěním programu je nutné vybrat závislost (konstanty amplitudové frekvenční charakteristiky, nebo fázové frekvenční charakteristiky ve stupních v daném rozsahu) k zobrazení a metodu provedení interpolace. Metody jsou: Nejbližší (Nearest), lineární (linear), hladká polynomiální (Spline), tří stupňová hladká polynomiální (Cubic Hermite) a lokální minimum a maximum (Lagrange). Na následujícím obrázku je zobrazena závislost Amplitudy pro rozsah 3A a lineární metodou interpolace. Viz Obr. 37.



Obr. 41. Část čelního panelu čtení VTEDS AMPFLEX - interpolace

5.2 Princip testování systému

Tento měřicí řetězec je zaměřen na testování kalibračních dat uložených v TEDS souboru. Testování je určeno pro oba druhy měřících kleští a to pro Chauvin Arnoux MN71 a Chauvin Ampflex A100 a jejich příslušné kalibrační konstanty. Navrhnutý měřicí řetězec viz: Obr. 38. Měřící kleště objímají vodič, na kterém se provádí měření. Měřící kleště jsou připojeny na DAQ kartu, která je propojena s PC a kde je umístěn měřicí software využívající TEDS soubor.



Obr. 42. Princip testování s využitím VTEDS

5.2.1 Algoritmus využívající VTEDS

Implementace plně respektuje návrh kompenzačního řetězce uvedeného na Obr. 32. Jedná se o více bodovou konstantu, více bodovou korekci amplitudové a frekvenční charakteristiky měřících kleští. Nejdůležitější při implementaci kompenzačního řetězce je zjištění oblasti rozsahu, ve které se nachází úroveň aktuálního signálu. Indexem zjištěné oblasti se vybírá indexací příslušná MP konstanta (skalár) a jednodimenzionální pole konstant a fází.

6. Zhodnocení výsledků a závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout a zrealizovat využití informací o snímačích pomocí elektronického katalogového listu (TEDS), určený pro snímače analyzátoru elektrického výkonu. Práce se řídí normou IEEE 1451.4 a byla realizována ve vývojovém prostředí LabVIEW. Jako snímače analyzátoru elektrického výkonu sloužily dva druhy měřících kleští, pracující na odlišném principu. První byly kleště Chauvin Arnoux MN71 a druhé byly Chauvin Ampflex A100.

Řešení diplomové práce bylo rozděleno na čtyři části. Nejprve bylo nutné popsat elektronický katalogový list TEDS, normu IEEE 1451.4, dále pak jak funguje přenos signálu, jaké jsou vývojové prostředky a také se zaměřit na virtuální TEDS soubor.

Druhá část se zaměřuje na pochopení problematiky měřících kleští, zjistit jejich amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky. K přiblížení charakteristik a chování kleští sloužil RC člunek, zapojený jako integrační.

Třetí část obsahuje zjištění kalibračních konstant měřících kleští. Pro zjištění konstant byl použit kalibrační přístroj Fluke 6100A, sloužil jako zdroj měřeného signálu. Součástí měřicího řetězce byli postupně připojované měřící kleště, pak DAQ karta a PC s měřícím softwarem. Z důvodu toho, že kalibrační přístroj nebyl k dispozici, kalibrační konstanty měřících kleští byly dodány. Dále pak byl proveden návrh kalibrační tabulky s nejdůležitějšími informacemi o daném snímači, také návrh virtuálního souboru TEDS a kompenzačního řetězce.

Čtvrtá část se zabývá vytvořením virtuálního TEDS souboru podle navrhnuté kalibrační tabulky přesně podle normy IEEE 1451.4. Vytvořená kalibrační tabulka využila šablonu frekvenční tabulky (ID42), do ní bylo možné zapsat jednotlivé hodnoty. Využili se dva parametry této šablony. Prvním parametrem byl TF_Table_Freq, kde se zaznamenaly hodnoty frekvence pro amplitudu a fázi. Druhý parametr TF_Table_Ampl sloužil pro zápis jednotlivých konstant. Následně byly vytvořeny dva virtuální TEDS soubory, příslušné jednotlivým měřícím kleštím. K těmto souborům byl také vytvořen software pro přehledné vyčtení uložených dat.

Elektronický katalogový list může nalézt uplatnění v oblasti měření. Je vhodný pro jakýkoliv snímač. V praxi může zjednodušovat práci s čidly, odpadá hledání informací v katalogích o daném čidlu. Zapsané informace v binárním souboru jsou jednoduše k dispozici, minimalizuje se tím možná chyba.

Literatura:

- [1] *1451.4-2004 IEEE Standard for A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators— Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats* [online]. IEEE Organisation, 2004 [cit. 2011-12-28]. ISBN 0-7381-4008-2.
Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1405786>
- [2] *IEEE 1451.4 Sensor Templates Overview* [online]. 2006. [cit. 2011-12-28].
Dostupné z: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3468>
- [3] *LabVIEW* [online]. 2011. [cit. 2011-12-29]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
- [4] *IEEE 1451.4 Standard Overview* [online]. 2006. [cit. 2011-12-29]. Dostupné z: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3469>
- [5] *Digitální měřicí kleště VE 2606* [online]. 2010. [cit. 2012-01-02]. Dostupné z: http://www.eximuscom.cz/drupal/sites/default/files/VE_2606.pdf
- [6] *Sensors Virtual TEDS* [online]. 2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/vteds/VirtualTEDS>
- [7] *AmpFlex* [online]. 2009. [cit. 2012-01-10]. Dostupné z: <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0fc1/0900766b80fc15af.pdf>
- [8] *Sensor Calibration with TEDS Technology* [online]. 2006. [cit. 2012-01-12]. Dostupné z: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4043>
- [9] *Rogowski coil* [online]. 2011. [cit. 2012-01-16]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Rogowski_coil
- [10] *Přesný zdroj výkonu* [online]. 2010 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: <http://www.blue-panther.cz/data/files/clanek-metrologie1-fluke-6100b-zalomeny-347.pdf>
- [11] *ELVIS II* [online]. 2012 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-394/lang/en>
- [12] *Řada M Multifunkční sběr dat* [online]. 2011 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-15/lang/en>
- [13] *Řada M multifunkční DAQ pro USB* [online]. 2011 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-9/lang/en>

Přílohy:

Příloha I	Zdrojový kód vytvoření VTEDS souboru naprogramovaný v LabVIEW
Příloha II	Zdrojový kód vyčtení VTEDS souboru naprogramovaný v LabVIEW
Příloha III	Zdrojový kód měření na RC vytvořený v LabVIEW
Příloha IV	Zdrojový kód simulace RC vytvořený v programu MATLAB

Veškeré přílohy jsou v elektronické podobě přiloženy na CD.